



Joana Pereira Santos

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

O contributo das infraestruturas verdes na adaptação às alterações climáticas

Avaliação do risco de inundação na sub-bacia da Regateira, concelho de Almada

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais

Orientador: José Carlos Ribeiro Ferreira, Professor Auxiliar da
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade
Nova de Lisboa

Co-orientador: Luís Filipe Azenha Bernardo, Arquiteto e Chefe da
Divisão de Estudos e Planeamento, DEP-DPUDE,
CMA

Júri

Presidente e Arguente: Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho,
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Vogais: Prof.^a Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues,
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira, Professor
Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa

Dezembro de 2016



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**O contributo das infraestruturas verdes na adaptação às alterações climáticas -
Avaliação do risco de inundação na sub-bacia da Regateira, concelho de Almada**

Copyright © Joana Pereira Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedicatória

Aos meus avós Maria Rita, José Borges, Deolinda Santos e José Borrego que estarão para sempre no meu coração.

A todos aqueles que tentam deixar o Mundo um bocadinho melhor do que o encontraram.

"It was the sum of billions of little actions that got us to this point.
It's really only the sum of a billion small solutions that will solve the problem."

– Patrick Gonzalez (*s.d.*).

Agradecimentos

Primeiramente, gostava de agradecer ao meu orientador de tese, o professor José Carlos Ferreira, pelo apoio prestado e por toda a motivação para que eu continuasse a superar os meus objetivos iniciais, incentivando-me sempre a “fazer um pouco mais”, de forma a tirar a maior proveito da presente dissertação.

De seguida, gostava de agradecer sinceramente à Câmara Municipal de Almada por me ter acolhido nas suas instalações em regime de estágio, especialmente ao meu co-orientador, o Arquiteto Luís Bernardo, pelas reuniões e pelo constante interesse e preocupação que demonstrou durante a elaboração da dissertação. Nomeadamente, o meu agradecimento também a todo o Departamento de Planeamento Urbanístico e Desenvolvimento Económico, pelo bom ambiente que me proporcionaram durante o estágio e por nunca me negarem um pedido de ajuda. Gostava de destacar duas pessoas, a Arq. Sofia Leitão, pelo apoio que me proporcionou numa fase mais inicial de elaboração da dissertação e, ao Arq. André Saraiva, pela ajuda incansável na concretização de imagens em *ArcGIS*. Destaco, e agradeço, a ajuda essencial do Engenheiro Fábio Cardona, da FCT-UNL, pela ajuda e também pelas horas despendidas a ajudar-me na concretização de peças desenhadas em *ArcGIS*.

Por fim, tenho obrigatoriamente de agradecer a toda a minha família, à minha mãe Margarida, ao meu pai Luís, à minha irmã Sofia, à minha tia e primos, pelo apoio, carinho, motivação, compreensão e amor que me deram, não só durante a elaboração da minha tese, mas, principalmente, por todo o apoio e interesse que me asseguraram durante todo o meu curso de Engenharia, pois sei que nem sempre foi fácil.

Por último, agradeço a todos os meus amigos que deixaram a sua marca em mim e no meu percurso escolar. Um agradecimento mais que especial ao meu namorado Rui, companheiro de vida, de curso, de projetos, de noites de estudo e tudo mais, que nunca me deixou desamparada e que de tudo fez para que o meu curso e a minha dissertação fossem muito mais fáceis de concretizar.

A todos vocês, o meu grande “Obrigada!”

Resumo

O objetivo deste estudo consiste na avaliação e apresentação do contributo do uso de infraestruturas verdes no planeamento urbano, visando uma gestão urbana mais sustentável e resiliente de uma zona do concelho de Almada. A dissertação procede a uma análise da zona da Cidade dos Vales de forma a identificar os principais riscos associados e, avaliar como estes poderão ser agravados com o avançar das alterações climáticas. Devido à grande quantidade de linhas de água presentes na zona, o risco de maior relevância no estudo verificou-se ser o risco da ocorrência de cheias e inundações, principalmente pelo aglomerado de AUGI. A análise revelou que a Cidade dos Vales apresenta um relevo suave e pouco acentuado, com declives moderados a rondar os 2%, com uma ocupação do solo caracterizada pela existência de áreas urbanas de baixa densidade, mas também com grandes áreas de vegetação rasteira, arbustiva e algumas áreas de vegetação arbórea. Relativamente aos solos, predominam os aluviosolos modernos e os solos litólicos não húmicos, revelando uma elevada permeabilidade, o que confere à sub-bacia uma boa capacidade de infiltração e recarga aquífera, reduzindo o escoamento superficial direto das águas pluviais.

Após a análise à situação de referência, realizou-se um estudo hidrológico à Vala da Regateira. Os resultados dos cálculos hidráulicos obtidos, para um período de retorno de 100 anos, indicam que esta se trata de uma área de baixo risco de inundação, atendendo a que, a sub-bacia da Regateira, com uma área de 2,62 km², apresenta um fator de forma e índice de conformação de 0,21 e um coeficiente de compacidade de 1,30, indicativos de uma forma aproximadamente circular, revelando uma menor tendência à ocorrência de cheias e, no caso de estas ocorrerem, uma tendência mediana para que estas sejam de grandes dimensões. Quanto à drenagem, a sub-bacia tem um grau de ramificação de ordem 3 e magnitude de 11, o que evidencia o elevado número de cursos de água nela existentes. Pelos valores obtidos de densidade de drenagem (3,23 km/km²), densidade hídrica (4 cursos de água/km²) e de percurso médio do escoamento superficial (0,08 km), verifica-se que a sub-bacia é bem drenada. Os valores obtidos segundo os métodos de David, Ven Te Chow e do SCS mostram que o tempo de concentração da água na sub-bacia é de, aproximadamente, 47 minutos. O caudal de ponta de cheia, calculado segundo a Fórmula Racional, originou um valor de 10 m³/s, sendo o volume de água afluente à cabeça da Vala da Regateira de 19.080 m³, considerando o que fica retido na bacia de retenção a montante da vala. Foram atribuídas classes de permeabilidade de forma a calcular as zonas de máxima permeabilidade, considerando que estas seriam as mais suscetíveis de serem inundadas, por serem áreas de máxima infiltração e apresentarem maior probabilidade de acumulação de água, devendo estas estar livres de construção e de impermeabilização do solo. Após os cálculos efetuados, verificou-se que não há risco considerável de inundação e que existe uma baixa probabilidade de ocorrência de cheias, bem como baixa suscetibilidade a fenómenos de erosão, caso não ocorra uma expansão do meio urbano e o acréscimo de impermeabilização do solo.

Neste trabalho são propostas algumas medidas de adaptação apropriadas à zona de estudo, numa abordagem de gestão urbana e sustentável, reforçando a necessidade e importância de integrar os espaços verdes no espaço urbano, como forma de promover a sustentabilidade urbana no processo de planeamento e coesão territorial. Relativamente às medidas de adaptação propostas, estas têm como objetivo principal a gestão integrada das águas pluviais e o controlo da água no local, favorecendo sempre as medidas de retenção natural da água. Favorece-se o uso de coberturas verdes, canteiros, valas, jardins, parques e pavimentos permeáveis como meio de atenuação do escoamento superficial, bem como o uso de fontes de energia renováveis e a criação de zonas de recreio e lazer. Refere ainda a importância dada ao envolvimento da população local para o sucesso dos projetos a implementar, bem como o papel dos decisores políticos no ajuste às mudanças necessárias, visando sempre os benefícios a longo prazo.

Palavras-chave: Infraestruturas verdes | Alterações climáticas | Medidas de adaptação | Planeamento urbano | Sustentabilidade | Bacia hidrográfica | Cheias

Abstract

The objective of this study is to evaluate and present the contribution of the use of green infrastructures in urban planning, aiming at a more sustainable and resilient urban management in an area of Almada municipality. The dissertation analyzes the study area – City of the Valleys – in order to identify the main associated risks and to evaluate how they can be aggravated by the advance of climate change. Due to the large number of water lines present in the area, the risk of greater relevance in the study was found to be the risk of flooding, mainly due to the presence of urban areas of illegal genesis. The analysis revealed that the City of the Valleys has a mild and low profile, with moderate slopes around 2%, with an occupation of the ground characterized by the existence of low density urban areas, but also with large areas of undergrowth, shrub and some areas of arboreal vegetation. As for soils, modern alluvium and non-humic lithic soils predominate, revealing a high permeability, which gives the sub-basin a good infiltration and aquifer recharge capacity, reducing the direct surface runoff of rainwater.

After the baseline analysis, a hydrological study was carried out at Regateira trench. The results of the hydraulic calculations obtained, for a 100-year return period, indicate that this is an area of low flood risk, given that the sub-basin of the Regateira, with an area of 2,62 km², has a shape factor and conformation index of 0,21 and a compactness coefficient of 1,30, indicative of an approximately circular shape, revealing a lower tendency for flooding and, if they occur, a median tendency for them to be of large dimensions. Regarding drainage, the sub-basin has a stream order of 3 and magnitude of 11, which reveals the high number of streams in it. The values obtained for drainage density (3,23 km/km²), hydric density (4 watercourses/km²) and average runoff (0,08 km) show that the sub-basin is well drained. The values obtained by David, Ven Te Chow and SCS methods, show that the water concentration time in the sub-basin is, approximately, 47 minutes. The flood-peak discharges, calculated according to the Rational Formula, originated a value of 10 m³/s, being the volume of water tributary to the head of the Regateira trench of 19.080 m³, considering what is retained in the retention basin upstream. Permeability classes were assigned in order to calculate the areas of maximum permeability, considering that these would be the most susceptible to be flooded, being areas of maximum infiltration and presenting a higher probability of water concentration, advising that these should be free of construction and waterproofing. After the calculations, it was verified that there is no considerable risk of flooding and that there is a low probability of overflowing, as well as low susceptibility to erosion, considering that there's no expansion of the urbanized areas nor the increase of soil waterproofing measures. This dissertation proposes some adaptation measures appropriate to the study area, in an approach to urban and sustainable management, reinforcing the need and importance of integrating green spaces in urban areas, as a way to promote urban sustainability in the planning process and territorial cohesion. Regarding the proposed adaptation measures, their main objective is the integrated management of rainwater and making sure that all water is dealt with

on-site, always favoring natural water retention measures. It is favored the use of green roofs, attenuation planters, swales, gardens, parks and permeable pavements as a means of reducing runoff, as well as the use of renewable energy sources and the creation of leisure zones. It also refers the importance given to the involvement of the local community in the success of the projects to be implemented, as well as the role of policy makers in the adjustment to necessary changes, always aiming at the long-term benefits.

Key-words: Green infrastructures | Climate change | Adaptation measures | Urban planning | Sustainability | Hydrographic basin | Floods

Índice Geral

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento da Problemática	2
1.1.1	Migração para a Margem Sul do Tejo e aparecimento das AUGI.....	3
1.1.2	Potenciais riscos a que as AUGI estão sujeitas – caso da Cidade dos Vales	4
1.2	Objetivos e Questões de Investigação.....	5
2	Estrutura e Metodologia	7
3	Alterações Climáticas e Infraestruturas Verdes	11
3.1	Introdução a conceitos relevantes	11
3.1.1	Migração e instalação das AUGI	11
3.1.2	Espaços verdes	12
3.1.3	Cheias vs. Inundação	13
3.2	O (des)ordenamento do território	14
3.3	As alterações climáticas no meio urbano	15
3.3.1	As alterações climáticas em Portugal.....	21
3.3.2	Adaptação às alterações climáticas	22
3.3.3	Constrangimentos à implementação de medidas de adaptação	26
3.4	O contributo dos espaços e infraestruturas verdes	27
3.4.1	Benefícios ambientais	34
3.4.2	Benefícios económicos	35
3.5	Casos de estudo no panorama nacional e internacional	37
3.6	Lacunas na investigação	49
3.7	Desafios e próximos passos	50
4	Breve apresentação do concelho de Almada	53
4.1	As alterações climáticas em Almada	55
5	Situação de referência na Cidade dos Vales	57
5.1	EEM e Condicionantes	57
5.2	Unidades de Paisagem e Ocupação	63
5.3	Sistema Biofísico.....	65
5.3.1	Sistema Hídrico	65
5.3.2	Habitats.....	68
5.3.3	Solos.....	70
5.3.4	Espaços livres e Áreas verdes	71
5.4	Sistema Urbano e Cultural.....	73
5.4.1	Sistema Funcional	73

5.4.2	Sistema de Mobilidade e Acessibilidades	74
5.4.3	Património Cultural	75
5.5	Riscos associados com expressão territorial	75
5.6	Diagnóstico prospetivo da zona	79
6	Delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias	81
6.1	Estudo Hidrológico.....	83
6.1.1	Condições de escoamento na sub-bacia da Regateira	83
6.1.2	Tempo de concentração e Caudal de ponta de cheia	97
6.2	Cálculos Hidráulicos	105
6.3	Mapa de Zonas Potencialmente Inundáveis.....	121
7	Estratégias de adaptação	125
8	Abordagem proposta para o setor pormenor.....	127
9	Outras propostas de atuação	139
10	Conclusões e Recomendações	147
	Referências.....	151
	Legislação consultada	159

Índice de Figuras

Figura 3.1 - Cheias urbanas em Lisboa, 2010.....	14
Figura 3.2 - Variação de temperatura global média para os cenários RCP2.6 e RCP 8.5 (à esquerda); nível de risco adicional em função da mudança de temperatura média global para diferentes sistemas e eventos (à direita).	17
Figura 3.3 - Variação de temperatura média global (a), precipitação média (b) e nível médio do mar (c) para 2081-2100 relativo a 1986-2005, segundo os cenários RCP2.6 (à esquerda) e RCP 8.5 (à direita).	17
Figura 3.4 - Variação média do número de ondas de calor para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, comparando o período 2071-2100 com o período 1971-2000.	19
Figura 3.5 - Variação média do número de períodos de seca para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, comparando o período 2071-2100 com o período 1971-2000.	19
Figura 3.6 - Risco de incêndios florestais na Europa para o período 1961-1990 (a) e projetado para o período 2041-2070 (b).	19
Figura 3.7 - Principais impactes das AC e efeitos nos setores das principais regiões biogeográficas da Europa.	21
Figura 3.8 - Exemplo de diferentes abordagens de adaptação (incremental e transformacional) e os benefícios para diferentes níveis de água devido a inundações.	24
Figura 3.9 - Alguns impactos das alterações climáticas e exemplos de medidas de adaptação....	26
Figura 3.10 - Comparação do escoamento em áreas urbanizadas e áreas antes de sofrerem urbanização: pico máximo de fluxo atingido e tempo necessário para tal.	28
Figura 3.11 - Benefícios do uso de infraestruturas urbanas verdes na adaptação e mitigação às alterações climáticas em três escalas espaciais.	29
Figura 3.12 - Exemplos de coberturas ajardinadas extensivas: à esquerda, vista aérea da ETAR de Alcântara; à direita, condomínio de habitação social, em Londres.	31
Figura 3.13 - Exemplos de coberturas ajardinadas intensivas: à esquerda, torre de escritórios ACROS Fukuoka, no Japão; à direita, <i>City Hall</i> de Chicago.	31
Figura 3.14 - Relação entre os custos de adaptação e os efeitos das alterações climáticas.	36
Figura 3.15 - <i>Gladsaxe Sports Center</i> , em Copenhaga.	40
Figura 3.16 – <i>Engshaveparken</i> : em tempo seco (em cima) e após um evento de precipitação (em baixo).	41
Figura 3.17 - Parque Tåsinge Plads, em Copenhaga.	41
Figura 3.18 - Utilização de infraestruturas verdes para gestão da água em Malmö, Suécia.	43
Figura 3.19 - Situação típica de um parque de estacionamento, à esquerda, e projeto de implementação de infraestruturas verdes no mesmo parque de estacionamento.	43
Figura 3.20 - Esquema proposto de atuação para a rua de Derbyshire.	46
Figura 3.21 - Localização proposta para o uso de SUDS e projeto de captação de água.	46
Figura 3.22 - Evento comunitário de plantação (em cima à esquerda); após o evento de plantação (em cima à direita); banco preenchido com gabiões de pedra de granito obtidos a partir de obras na estrada (em baixo à esquerda); abrigo para bicicletas com cobertura verde.	49

Figura 3.23 - Aplicação de instrumentos financeiros como incentivo à adoção de infraestruturas verdes.	51
Figura 4.1 - Representação gráfica das temperaturas máxima, média e mínima (esquerda) e do volume de precipitação médio (direita) registados na Estação Meteorológica do Laranjeiro, entre 2002-2009.	54
Figura 4.2 - Regime de ventos em Almada: velocidade média e direção predominante.	54
Figura 4.3 - Dados climáticos para o concelho de Almada, para o período 2002-2009.	55
Figura 5.1 - Estrutura Ecológica Fundamental de Almada.	58
Figura 5.2 - Corredor estruturante secundário do PROT que abrange a zona da Cidade dos Vales.	60
Figura 5.3 - Delimitação da área de REN no concelho de Almada.	62
Figura 5.4 - Delimitação da área de RAN no concelho de Almada.	63
Figura 5.5 - Unidades de paisagem do concelho de Almada.	64
Figura 5.6 - Unidades de ocupação urbana do concelho de Almada.	64
Figura 5.7 - Sistema hídrico associado à zona da Cidade dos Vales.	66
Figura 5.8 - Sub-bacia da Regateira – Área de Estudo.	67
Figura 5.9 - Séries de vegetação existentes no concelho de Almada.	68
Figura 5.10 - Carta de Solos do concelho de Almada.	70
Figura 5.11 - Carta de Solos de Elevado Valor Ecológico do concelho de Almada.	71
Figura 5.12 - Extrato da Carta das Áreas livres na zona da Cidade dos Vales.	72
Figura 5.13 - Extrato da Carta das Áreas agrícolas associadas ao sistema húmido da Cidade dos Vales.	72
Figura 5.14 - Rede viária existente na área de estudo.	74
Figura 5.15 - Rutura linear causada pela autoestrada A33.	74
Figura 5.16 - Exemplificação da preferência pelo automóvel na zona.	75
Figura 5.17 - Zona adjacente à Vala da Regateira, com abarrancamento das margens.	76
Figura 5.18 - Representação do efeito <i>Ilha de Calor</i> – comparação de diversas superfícies e das temperaturas atingidas em cada uma delas.	77
Figura 5.19 - Ilha de calor em diversas cidades portuguesas.	78
Figura 6.1 - Delimitação das margens dos cursos de água.	81
Figura 6.2 - Fotografia aérea do setor pormenor para cálculo das ZAC.	82
Figura 6.3 - Troços identificados no setor pormenor para cálculo das ZAC.	83
Figura 6.4 - Principais sub-bacias e cursos de água pertencentes à bacia de Corroios.	85
Figura 6.5 - Ordem dos cursos de água, segundo critério de Strahler (1952).	87
Figura 6.6 - Bacia de retenção da sub-bacia da Regateira.	88
Figura 6.7 - Carta de Altitudes da sub-bacia da Regateira.	89
Figura 6.8 - Carta de Exposição de Vertentes da sub-bacia da Regateira.	90

Figura 6.9 - Carta de declives da sub-bacia da Regateira.	91
Figura 6.10 - Carta de substrato geológico da área de estudo.	92
Figura 6.11 - Representação gráfica da cobertura vegetal presente na sub-bacia da Regateira...93	
Figura 6.12 - Representação das áreas correspondentes às classes de ocupação do solo na sub-bacia da Regateira (dados de 2009).	94
Figura 6.13 - Ocupação do solo na sub-bacia da Regateira (dados de 2015), com identificação da localização da bacia de retenção existente.	95
Figura 6.14 - Troços considerados no cálculo das velocidades de escoamento superficial.	100
Figura 6.15 - Meios de escoamento presentes na zona de estudo: condutas de betão de regularização (em cima, à esquerda), PH (em cima, ao centro), vala regularizada com gabiões de pedra (em cima, à direita), vala escavada não regularizada (em baixo à esquerda); meio natural com vegetação alta (em baixo à direita).	101
Figura 6.16 - Carta de permeabilidade (associado aos declives).	106
Figura 6.17 - Carta de permeabilidade (associado ao substrato geológico).	106
Figura 6.18 - Carta de permeabilidade (associado à ocupação do solo).	107
Figura 6.19 - Carta de permeabilidade total.	107
Figura 6.20 - Forma do hidrograma unitário sintético triangular do SCS.	109
Figura 6.21 - Hidrograma de cheia para a sub-bacia da Regateira, usado para o cálculo do volume de água retido pela bacia de retenção e o volume escoado.	110
Figura 6.22 - Caudais máximos suportados pelos troços do setor pormenor.	112
Figura 6.23 - Hidrograma de cheia para a sub-bacia da Regateira, usado para o cálculo do volume de água excedente no troço “vala escavada não regularizada”.	113
Figura 6.24 - Localização dos perfis transversais efetuados ao troço “vala escavada não regularizada”.	114
Figura 6.25 - Perfil do transecto A (montante).	115
Figura 6.26 - Perfil do transecto B (jusante).	116
Figura 6.27 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto A.	117
Figura 6.28 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto B.	117
Figura 6.29 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto A – visão pormenorizada.	118
Figura 6.30 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto B – visão pormenorizada.	119
Figura 6.31 - Trapézio representativo, com as dimensões do leito de cheia.	120
Figura 6.32 - Área potencialmente inundável – comparação com usos do solo.	121
Figura 6.33 - Área potencialmente inundável a nível da sub-bacia da Regateira.	122
Figura 6.34 - Área potencialmente inundável a nível do setor pormenor.	123
Figura 7.1 - Exemplo da aplicação de um isolante na cobertura de um edifício.	125
Figura 7.2 - Exemplo de uma habitação elevada que permite a inundação da parte inferior devido às aberturas nas paredes.	125

Figura 8.1 - Área potencialmente inundável do setor pormenor.	128
Figura 8.2 - Delimitação proposta para a implementação de coberturas verdes.	129
Figura 8.3 - Adequabilidade de plantas a usar em coberturas verdes, de acordo com a profundidade do substrato.	130
Figura 8.4 - Espécies de plantas rasteiras que podem ser usadas em coberturas extensivas: <i>Sedum acre diploid</i> (esquerda), <i>Sedum album athoum</i> (centro) e <i>Sempervivum "Fame"</i> (direita).	130
Figura 8.5 - Apicultura para produção e venda de mel num telhado verde de Nova Iorque.	131
Figura 8.6 - Delimitação proposta para a implementação de canteiros de atenuação, árvores, valas e jardins, para armazenamento de água.	131
Figura 8.7 - Componentes estruturais de um canteiro de plantação.	132
Figura 8.8 - Representação de um canteiro de atenuação de água pluvial.	132
Figura 8.9 - Representação de uma vala cega (<i>swale</i>).	132
Figura 8.10 - Linha de água com margens alargadas, vegetadas e cobertas com pavimento permeável.	133
Figura 8.11 - Representação de um jardim de chuva (<i>rain garden</i>).	133
Figura 8.12 - <i>Waterplein Benthemplien</i> , Roterdão, Holanda.	134
Figura 8.13 - Delimitação proposta para a implementação do "Parque da Música".	135
Figura 8.14 - <i>Park of Music</i> , na Dinamarca.	135
Figura 8.15 - Paley Park, Nova Iorque - primeiro pocket park do mundo (esquerda); Greenacre Park, Nova Iorque (direita).	136
Figura 8.16 - Imagem de uma rua multifuncional em Leão, fazendo uso de pavimento permeável.	136
Figura 8.17 - Comparação entre asfalto poroso e asfalto convencional.	137
Figura 8.18 - Exemplos de pavimentos permeáveis.	137
Figura 9.1 – Projeto " <i>The Solar Tree</i> ", no Reino Unido.	140
Figura 9.2 – Projeto " <i>Phoenix Flowers</i> ", em Glasgow, Escócia.	140
Figura 9.3 - Corredores ecológicos multifuncionais no Sistema Ambiental – Proposta preliminar para a <i>Cidade dos Vales</i> em Almada.	141
Figura 9.4 - Exemplo de um espaço de conectividade ecológica, ligando percursos através de manchas verdes na cidade.	141
Figura 9.5 - Parque agrícola com participação pública dos moradores da zona.	142
Figura 9.6 - Parque agrícola em Vale Figueira e a localização na Cidade dos Vales.	143
Figura 9.7 - Tanques de armazenamento, de grande dimensão (esquerda), e barril de armazenamento de água da chuva, de pequena dimensão (direita).	144
Figura 9.8 - Projeto " <i>Impulse</i> " em Montreal, Canadá.	145

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Exemplos de medidas de adaptação às alterações climáticas, segundo as abordagens incremental e transformacional.	24
Tabela 3.2 - Características dos diferentes tipos de coberturas ajardinadas.....	31
Tabela 3.3 - Vantagens identificadas no uso de coberturas verdes.	32
Tabela 3.4 - Detalhes das soluções de SUDS usadas no parque de Derbyshire.	47
Tabela 5.1 - Usos e ações compatíveis com a EE para as componentes: Leitos e margens dos cursos de água, Permeabilidade máxima e Solos de elevado valor ecológico.	59
Tabela 5.2 - Relação entre impactos das alterações climáticas e os riscos com expressão territorial.	76
Tabela 5.3 - Diagnóstico prospetivo da zona: áreas problema, áreas oportunidade e áreas com ameaças e constrangimentos	79
Tabela 6.1 - Substratos geológicos presentes na sub-bacia da Regateira	92
Tabela 6.2 - Áreas correspondentes à cobertura vegetal presente na sub-bacia da Regateira	93
Tabela 6.3 - Áreas correspondentes às classes de ocupação do solo na sub-bacia da Regateira	94
Tabela 6.4 - Características associadas à sub-bacia da Regateira	96
Tabela 6.5 - Fórmulas para determinar o t_c numa bacia hidrográfica e sua aplicação	98
Tabela 6.6 - Valores do coeficiente de rugosidade atribuídos a cada troço	101
Tabela 6.7 - Tempos de concentração obtidos nos diversos troços de escoamento	102
Tabela 6.8 - Síntese comparativa dos métodos usados para determinação do t_c	103
Tabela 6.9 - Exemplos de métodos para determinação do caudal de ponta de cheia	103
Tabela 6.10 - Valores de coeficiente de escoamento de acordo com a ocupação do solo	104
Tabela 6.11 - Classes de permeabilidade associadas à sub-bacia da Regateira.....	105
Tabela 6.12 – Dimensões e caudal de água máximo para vala regularizada com gabiões e para passagem hidráulica (retangular).....	111
Tabela 6.13 - Dimensões e caudal de água máximo para vala escavada não regularizada (trapezoidal)	111
Tabela 6.14 - Dimensões e caudal de água máximo para conduta de betão (circular)	111

Índice de Anexos

Anexo A - Valores médios do coeficiente C a utilizar na Fórmula Racional.....	163
Anexo B - Representação da sub-bacia da Regateira sobre um ortofotomapa – Área de Estudo	165
Anexo C - Carta de Altitudes da sub-bacia da Regateira.....	167
Anexo D - Carta de Exposição de Vertentes da sub-bacia da Regateira	169
Anexo E - Carta de Declives da sub-bacia da Regateira.....	171
Anexo F - Carta com o Edificado e Vias existentes na sub-bacia da Regateira	173
Anexo G - Valores de coeficiente de rugosidade de Manning, para canais e para condutas fechadas com escoamento parcial	175

Acrónimos

AC – Alterações Climáticas

AML – Área Metropolitana de Lisboa

AUGI – Área Urbana de Génese Ilegal

CAP – Curso de Água Principal

CCDR LVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

CMA – Câmara Municipal de Almada

CO₂ – Dióxido de Carbono

DPH – Domínio Público Hídrico

EEM – Estrutura Ecológica Municipal

ELAC – Estratégia Local para as Alterações Climáticas

FCT-UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

GEE – Gases com Efeito de Estufa

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas)

MDT – Modelo Digital do Terreno

NLD – Núcleos de Lotes Destacados

PED – Plano Estratégico de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais do concelho de Almada

PDM – Plano Diretor Municipal

PDMA – Plano Diretor Municipal de Almada

PMOT – Plano Municipal de Ordenamento do Território

PNAC – Plano Nacional para as Alterações Climáticas

PNPOT – Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território

PPAFCC – Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caparica

PPUA – Plano Parcial de Urbanização de Almada

PROT – Plano Regional de Ordenamento do Território

RAN – Reserva Agrícola Nacional

REM – Rede Ecológica Metropolitana

REN – Reserva Ecológica Nacional

RJREN – Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional

RFCN – Rede Fundamental de Conservação da Natureza

RPDM – Revisão do Plano Diretor Municipal

RPDMA – Revisão do Plano Diretor Municipal de Almada

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada

SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems (Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável)

ZAC – Zonas Ameaçadas pelas Cheias

Conceitos relevantes

(ordenados por ordem alfabética e não por grau de relevância na dissertação)

Abordagem ecossistêmica

É uma estratégia para a gestão integrada dos recursos “terra”, “água” e “vida” que promove a sua conservação e uso sustentável de uma forma equitativa. A abordagem ecossistêmica aspira a manter a estrutura natural e o funcionamento dos ecossistemas, reconhecendo simultaneamente que o Ser Humano e as suas ações são uma parte integrante dos ecossistemas. Embora as abordagens ecossistêmicas possam ser complementares a soluções tecnológicas na adaptação às mudanças do clima, estas também podem agir independentemente (Naumann, *et al.* 2011).

Adaptação

Antecipar os efeitos adversos das alterações climáticas e tomar medidas apropriadas para prevenir ou minimizar os danos que estas podem causar, ou aproveitar oportunidades que possam surgir. Medidas de adaptação previamente bem definidas economizam dinheiro e vidas.

Adaptação baseada nos ecossistemas

Consiste em usar a biodiversidade e os serviços ambientais como parte de uma estratégia global de adaptação para ajudar os cidadãos a adaptarem-se aos efeitos adversos das AC. Tem como objetivo a manutenção, ou aumento, da resiliência e reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das pessoas face dos efeitos adversos das alterações climáticas. Ecossistemas saudáveis e bem geridos têm o potencial de mitigar os efeitos das AC, como por exemplo, através do sequestro e armazenamento de CO₂ em florestas, pantanais e ecossistemas costeiros (Naumann, *et al.* 2011).

AUGI

AUGI significa “Áreas Urbanas de Génese Ilegal”, correspondente a áreas que surgiram sem que o seu loteamento tenha sido aprovado pela Câmara Municipal, logo a maioria das construções não se encontra legalizada. O trabalho desenvolvido pelas Câmaras Municipais e pelos proprietários permitiu a legalização de algumas construções clandestinas e de áreas de génese ilegal existentes, contribuindo para a sua qualificação sócio urbanística. Nestas zonas de apropriação clandestina do território nunca foi definido um espaço destinado a espaços verdes, equipamentos, vias, passeios e espaços de estadia, nem existiram obras de urbanização. Assim, verifica-se a existência

de áreas ocupadas pela atividade humana que são inadequadas à existência de edificações e, ao associá-las a riscos naturais, exigem uma abordagem de atuação específica.

Corredores Verdes

Os Corredores Verdes são entendidos como “espaços livres lineares ao longo de corredores naturais” (Little, 1990). Estes espaços encontram-se frequentemente associados a frentes ribeirinhas, cursos de água, festos, canais, caminhos cénicos, bem como linhas de caminhos-de-ferro reconvertidas para usos recreativos e turísticos, que ligam entre si centros de interesse, povoações, parques, reservas naturais, património natural e cultural. Estas infraestruturas, do ponto de vista ecológico, garantem proteção de áreas naturais (constituindo habitats para plantas e animais), a continuidade de vegetação ripícola ao longo dos cursos de água, a melhoria da qualidade do ar e da água em meio urbano, a diminuição do risco de erosão, entre outros; bem como do ponto de vista económico e social através da criação de zonas de recreio e lazer, vias de circulação alternativas (mobilidade suave), promoção do turismo e preservação do património histórico e cultural, bem como a valorização da qualidade estética da paisagem (APCV, *s.d.*).

Fragmentação

À medida que a área urbana se foi desenvolvendo, algumas áreas não-urbanas perderam alguma dimensão e ficaram mais afastadas entre si. Este processo, designado por fragmentação, resulta da divisão dos habitats existentes em numerosas áreas de menor dimensão e mais isoladas entre si, o que se traduz numa redução da conectividade entre as diversas manchas e interfere na capacidade de dispersão dos seres vivos, conduzindo à formação de populações isoladas, aumentando o risco de extinção local dessas mesmas populações.

Infraestrutura verde

Uma infraestrutura verde é uma rede estrategicamente planeada de ecossistemas saudáveis que serve tanto os interesses dos cidadãos, como os da natureza. Inclui áreas naturais e seminaturais, recursos e espaços verdes, em áreas rurais e urbanas, em meios terrestres, fluviais, costeiros e marinhos. Serve para garantir que a qualidade dos ecossistemas é mantida, ou restaurada, e que as áreas naturais permanecem ligadas entre si, com a capacidade de fornecer um número relevante de serviços fornecidos pela natureza, como manter o ar e a água limpos. Serve também para minimizar os impactos de riscos naturais, através da prevenção de inundações e deslizamentos de terras, polinização de culturas, sequestro de CO₂, entre outros, de forma a garantir o bem-estar da população no meio urbano (EC, 2016a). Alguns exemplos de infraestruturas verdes que constituem medidas de adaptação e boas práticas de gestão da água são: parques e coberturas verdes, corredores ecológicos, aproveitamento de águas pluviais, bacias de infiltração de águas pluviais, bacias e lagoas de retenção, jardins de chuva, restauração de canais urbanos, superfícies permeáveis, entre outros.

Medidas naturais de retenção de água

Medidas que visam salvaguardar e reforçar o potencial de armazenamento de água do solo e aquíferos, ao restaurar os ecossistemas, recursos naturais e as características dos cursos de água através da utilização de processos naturais. São medidas de adaptação que usam a natureza para regular o fluxo e o transporte de água de modo a suavizar os picos e eventos extremos (inundações, secas, desertificação, salinização), apresentando-se como a melhor opção ambiental na gestão de riscos (EC, 2016b).

Paredes Verdes / Paredes Vivas / Jardins Verticais

Uma parede verde é composta por plantas cultivadas em sistemas verticais, que geralmente estão ligados a uma parede interna ou externa. Para além de um *design* atrativo, as paredes verdes fornecem sombra, melhoria da qualidade do ar local e isolamento térmico da superfície da parede. As paredes verdes diferem das fachadas verdes na medida em que incorporam várias plantações “contidas” para criar uma cobertura vegetal total, ao invés de depender de plantas trepadeiras que dão cobertura à fachada (DEPI, 2014).

Resiliência

O termo “resiliência” aplicado às cidades descreve a capacidade de estas funcionarem, ou seja, a capacidade dos indivíduos, comunidades e sistemas de sobreviverem face ao *stress* e ainda de se adaptarem quando as condições assim o exigem. A resiliência de um sistema é tanto maior quanto maior for a sua capacidade de suportar perturbações sem colapsar.

Coberturas verdes

Corresponde a uma paisagem com vegetação construída a partir de uma série de camadas que são instaladas na cobertura do edifício, camada por camada ou como uma série de camadas pré-preparadas. Estas coberturas servem como espaço de lazer, para acrescer valor à propriedade, fornecer conforto bioclimático no interior do edifício ou para atingir determinados benefícios ambientais (captação e retenção de águas pluviais, melhoria da biodiversidade, isolamento do edifício contra o ganho ou perdas de calor) (DEPI, 2014).

1 Introdução

A presente Dissertação de Mestrado intitulada de “O contributo das infraestruturas verdes na adaptação às alterações climáticas – Avaliação do risco de inundação na sub-bacia da Regateira, concelho de Almada” surge no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. A dissertação foi elaborada em regime de estágio, em colaboração com a Câmara Municipal de Almada, com a duração de 7 meses e cerca de 1200 horas de trabalho.

Sendo do interesse de ambas as partes, tanto da autora da tese devido ao interesse pessoal pelo tema, como da CMA pelo interesse em requalificar uma zona problemática do seu território, o presente trabalho insere-se na temática da gestão urbana sustentável em modo de adaptação aos riscos advindos das alterações climáticas, no sentido de garantir a sua maior resiliência. Tais riscos serão sentidos de forma global e é a esta escala que se encontra mais informação disponível, no entanto, torna-se mais fácil e eficaz analisar as diferentes situações e preparar uma estratégia de adaptação mais adequada ao trabalhar à escala local urbana, onde se nota o impacto destas alterações na vida quotidiana dos munícipes.

Os desafios atuais e futuros para as cidades consistem na mitigação e adaptação aos efeitos das alterações climáticas e a urbanização, daí que a conjugação destas duas temáticas seja de extrema importância e que devam ser tomadas as medidas necessárias para um equilíbrio entre elas. Em apenas dois anos, entre 2010 e 2012, as catástrofes naturais relacionadas com clima, saúde e eventos sísmicos causaram, a nível global, 1,5 triliões de euros em danos relacionados diretamente com infraestruturas, na comunidade e no ambiente (Arup *et al.*, 2013).

De acordo com Chula (2014), as áreas sujeitas a uma requalificação urbana devem constituir-se como zonas verdadeiramente sustentáveis, apoiando-se numa forma urbana e flexível, que possibilite uma boa gestão dos recursos imobiliários, uma boa reciclagem dos usos dos espaços, zonas energeticamente eficientes, com baixos índices de ruído, com uma boa gestão da água, com políticas de contenção urbana, uma criteriosa qualificação dos espaços públicos e a integração do planeamento espacial e das políticas de transporte. Para além destas características desejáveis, uma componente que se tem demonstrado cada vez mais importante e bastante eficaz na transformação urbana é o envolvimento da população local, não só nos processos de tomada de decisão, mas também contando com apoios à implementação de um estilo de vida mais saudável, numa vizinhança mais ligada entre si e com condições que garantam a autossuficiência da comunidade.

As cidades são muitas vezes vistas como espaços de desconsideração pelo mundo natural, no entanto, a biodiversidade urbana tornou-se um indicador de sustentabilidade e a sua importância em termos de governança territorial é cada vez mais evidente. A biodiversidade urbana é um forte bioindicador de bem-estar humano, servindo como ferramenta para monitorizar as alterações globais e para medir os esforços da cidade na harmonização das suas atividades com o meio natural (Boada & Maneja, 2016). Assim, a biodiversidade deve desempenhar um papel de destaque no que diz respeito à sustentabilidade das cidades do século XXI, não somente como bioindicador, mas também devido ao seu contributo para a qualidade de vida urbana e pela provisão de serviços ecossistémicos. Serviços como a regulação (purificação do ar e da água e

mitigação de inundações), provisão (alimentos, água e medicamentos) e cultural (benefícios estéticos, espirituais, intelectuais e de lazer). Assim, segundo Boada e Maneja (2016), é mais correto afirmar que as cidades *são* ecossistemas do que as cidades *têm* ecossistemas.

Boada e Maneja (2016) dividem os ecossistemas urbanos em três subsistemas, todos de igual importância: verde (toda a matéria viva do solo natural), cinzento (áreas construídas) e azul (zonas costeiras, rios, água parada e fontes). As cidades podem ser “naturalizadas” de forma a aumentar a presença e a resiliência de várias espécies na cidade, como através da criação de sítios propícios à alimentação, reprodução e abrigo em áreas verdes, cinzentas e azuis. A criação de parques e jardins é uma prática comum, no entanto, outras práticas bastante eficazes constituem a criação de coberturas, paredes, fachadas e varandas verdes no meio urbano.

As áreas urbanas enfrentam vários desafios derivados das alterações climáticas, como o acréscimo na ocorrência de cheias, secas, ondas de calor e outras ameaças ao conforto humano e ao equilíbrio ambiental. Existem várias medidas que surgem como oportunidades de desenvolver áreas urbanas resilientes e reduzir emissões, desde o planeamento territorial ao desenho de espaços verdes (e azuis) integrados no meio urbano. As infraestruturas verdes, por sua vez, são apontadas como uma medida bastante promissora na redução de efeitos adversos derivados das alterações climáticas em áreas urbanas, por exemplo, pelo equilíbrio que fornecem no balanço hídrico da região, pelo conforto térmico adquirido pelo sombreamento da vegetação e pela capacidade de prover espaços à população para que esta possa produzir e colher o seu próprio sustento (Demuzere *et al.*, 2014).

Hoje em dia, a capacidade de uma cidade ser competitiva, de ser capaz de atrair atividades económicas, oportunidades e inovação, bem como garantir ao mesmo tempo o bem-estar dos seus cidadãos pode ser comprometida pelos riscos das alterações climáticas sobre as infraestruturas, assim, surge como um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, a Resiliência da Cidade. Sendo este tópico agora aceite e visto como um ponto urbano fulcral, resta perceber os meios para alcançar esta resiliência na cidade de forma concreta e prática.

1.1 Enquadramento da Problemática

De acordo com os estudos realizados no âmbito da revisão do PDMA (CMA, 2011b), nos últimos 50 anos a ação antrópica tem vindo a modificar os ecossistemas de forma mais rápida e extensiva do que em qualquer outro período da História. Estas alterações deveram-se ao aumento da procura por alimento, água, madeira e combustível, induzido pelo crescimento demográfico e económico. Assim, em Portugal, assistiu-se a alterações significativas nos ecossistemas impulsionadas por profundas modificações socioeconómicas, como o impacto sobre os rios portugueses após a construção de barragens e o aumento da poluição proveniente da agricultura e da indústria, bem como o problema das espécies exóticas invasoras que aumentou a pressão sobre os ecossistemas costeiros. De acordo com a avaliação do *Millennium Ecosystem Assessment*, de 2005, cerca de dois terços dos serviços ecossistémicos encontram-se atualmente em declínio em todo o mundo.

As alterações climáticas constituem o novo fator de ameaça à biodiversidade a nível global e, muito provavelmente, um dos mais relevantes. Esta nova ameaça atua de forma direta, por vezes irreversível, sobre as espécies e os ecossistemas com impactos diretos na perda da biodiversidade (como a alteração dos padrões de distribuição, migração e reprodução) e, sobretudo, de forma indireta, potenciando e agravando os efeitos de outros fatores como as alterações nos usos do solo (resultando na fragmentação ou destruição de *habitats*) e a invasão por espécies exóticas, entre outros.

Tendo esta dissertação por base uma análise aprofundada e a sugestão de medidas a implementar num território do concelho de Almada, torna-se necessário entender os motivos sociais e económicos que deram origem à extrema desorganização da malha urbana que se verifica atualmente, de forma a enquadrar a problemática presente no território em estudo e a compreender a história identitária do local.

1.1.1 Migração para a Margem Sul do Tejo e aparecimento das AUGI

“As migrações continuam a ser um dos fatores chave do processo de mudança e evolução social.” – Maria Dias (2012).

O concelho de Almada era, até meados do século XX, uma excelente região agrícola onde coexistiam grandes quintas, o cultivo da vinha, a produção cerealífera e muitos outros produtos agrícolas que abasteciam o mercado de Lisboa. A sua população crescia muito lentamente, vivendo essencialmente do que a terra produzia e do trabalho agrícola.

Ao analisar a história migratória da região de Almada, percebe-se que o período de migração mais intenso ocorreu nas décadas de 50/60, principalmente por pessoas vindas da zona do Alentejo que procuravam melhores condições de vida. A pobreza que se vivia no Alentejo nesta época, a falta de recursos, de empregos e as condições de prosperidade cada vez mais reduzidas levou a um aumento da tensão social e forçou a saída de milhares de alentejanos que procuraram na capital um novo recomeço. A principal razão que motivou a vinda de tantos alentejanos para esta região foi a instalação de pequenas indústrias, nomeadamente a indústria corticeira, e o consequente crescimento exponencial da indústria que transformou a zona num polo industrial, criando milhares de postos de emprego. Desenvolveram-se assim, inúmeras unidades de preparação e transformação de cortiça, empresas de construção e reparação naval, bem como firmas de lanifícios, vidro, descasque de arroz, conservas de peixe, moagem, entre outros. Após esta implantação industrial na Margem Sul, bem como a pressão demográfica que se fez sentir no concelho, toda esta área viu a sua paisagem natural extremamente modificada em termos urbanísticos. Exemplos desta transformação foram os povoados criados na zona da Mutela, Caramujo e Cova da Piedade, lugares com um reduzido número de casas, onde as inúmeras valas e o terreno alagadiço desfavoreciam o seu povoamento. A vantagem é que, por serem locais pouco acessíveis por via fluvial, os terrenos eram baratos o que proporcionou que indústrias, armazéns e pequenos estaleiros se fossem instalando. Em pouco tempo tinham-se criado os bairros industriais de Almada (ou *Vilas Operárias*), acabando por surgir em diversos pontos do território sem que o seu loteamento tenha sido aprovado pela Câmara Municipal e, portanto, a maioria das construções não se encontra legalizada. Ainda, decorrente essencialmente da construção da Ponte 25 de Abril, originaram-se as principais zonas de AUGI no território de Almada. O trabalho desenvolvido pelas Câmaras Municipais e pelos proprietários permitiu a legalização de algumas construções clandestinas e de áreas de génese ilegal existentes, contribuindo para a sua qualificação sócio urbanística. No entanto, nestas zonas de apropriação clandestina do território nunca foi definido um espaço destinado a espaços verdes, equipamentos, vias, passeios e espaços de estadia, nem existiram obras de urbanização. Assim, verifica-se a existência de áreas ocupadas pela atividade humana que são simplesmente inadequadas à existência de edificações e, ao associá-las aos riscos naturais que as atingem, exigem uma abordagem de atuação específica (Machado, 2001).

De acordo com os estudos de caracterização elaborados para a construção do PDM de Almada, atualmente em vigor, a partir de 1976 é feita uma contenção ao processo de urbanização clandestina a qual ocupava, em 1987, mais de 1200 ha (correspondente a 17% do território concelhio) e, em 1996, segundo o levantamento das áreas passíveis de classificação como tal,

estas representavam cerca de 25% do território. A política de contenção deu então lugar a um maior enfoque na revisão dos planos e dos loteamentos em curso, a suspensão de alvarás e projetos de urbanização e o lançamento de novos planos para áreas do território onde a pressão urbanística era maior. Estes planos tiveram como preocupação fundamental o controlo quantitativo da ocupação urbana ao nível das carências de áreas para equipamentos coletivos, a diminuição de sobrecargas populacionais e a preservação das zonas naturais ainda existentes (CMA, 1991).

Com o decorrer da urbanização intensiva a CMA e o Governo viabilizaram o PPUA de forma a travar o surto de bairros clandestinos e ordenar o território urbano. Ainda assim a construção clandestina não parou de crescer, sobretudo nas áreas próximas do Arsenal, com maior intensidade na freguesia da Cova da Piedade que, devido ao afastamento do centro administrativo, permitia uma maior fuga à fiscalização (Machado, 2001).

O rápido alastramento da urbanização ilegal na área da Sobreda e da Charneca levou à formação de contínuos de moradias mais ou menos extensos, onde subsistem importantes áreas sem qualquer tipo de estrutura urbana e com sérios problemas a nível da rentabilização de infraestruturas de saneamento básico e da localização de equipamentos coletivos (CMA, 1991).

1.1.2 Potenciais riscos a que as AUGI estão sujeitas – caso da Cidade dos Vales

"Acautelar a proteção civil da população, prevenindo os efeitos decorrentes de catástrofes naturais ou da ação humana."
– Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo (1998).

É importante que se estabeleça uma abordagem que identifique soluções adequadas às especificidades locais e que venha a constituir-se como uma forma de prevenção e proteção da população e da qualidade ambiental contra o agravamento dos riscos. O planeamento do território deve assim fortalecer a resiliência dos sistemas naturais e sistemas urbanos existentes no concelho e limitar a exposição de pessoas e bens aos riscos associados (CMA, 2011b).

Com a publicação do PNPOT em 2007, a identificação dos riscos e das suas consequências torna-se uma questão fundamental para a definição de estratégias e políticas de ordenamento do território, nomeadamente no que respeita à avaliação e prevenção de riscos e ao desenvolvimento de medidas para minoração dos efeitos que possam vir a ocorrer. Ou seja, este documento obriga, aquando da elaboração de instrumentos de planeamento e gestão territorial (nomeadamente, o caso do trabalho de revisão do PDMA) à definição dos diferentes tipos de riscos, das áreas de perigosidade, da definição dos usos do solo compatíveis nessas áreas e das medidas de prevenção e mitigação dos riscos identificados. A partir do reconhecimento dos perigos e das vulnerabilidades, foi-se desenvolvendo o conceito de “risco” a um dado perigo e a noção de “grau de exposição” das populações e atividades a esse risco. A identificação e delimitação das áreas de perigo e a avaliação da resiliência dos territórios aos riscos associados é indispensável à prevenção e minimização dos problemas decorrentes de fenómenos perigosos. A vulnerabilidade de um território resulta, por um lado, da sua suscetibilidade (características intrínsecas que o tornam mais ou menos propenso a ser afetado por um dado perigo), cuja análise é bastante importante quando se trata da seleção das melhores e piores localizações para a implantação de estruturas e infraestruturas. Por outro lado, depende também da sua capacidade adaptativa, ou seja, da capacidade do território de recuperar ou de se reajustar após a exposição ao perigo (CMA, 2011b).

Como referido no caderno elaborado pela CMA (2011b), o risco a que uma população e/ou atividade está sujeita pode ser reduzido através da intervenção em qualquer uma das componentes

– perigo, exposição, vulnerabilidade, sendo nulo se uma destas for eliminada. Por exemplo, através de:

- Medidas que reduzam a probabilidade, ou intensidade, de um fenómeno perigoso (como medidas de aumento da capacidade de infiltração dos solos de forma a reduzir as inundações durante picos de precipitação);
- Medidas que reduzam o nível de exposição dos elementos (por exemplo, através da realocação de habitações próximas de falésias instáveis);
- Medidas que reduzam a vulnerabilidade ao perigo (por exemplo, através da construção de infraestruturas resistentes a sismos).

O concelho de Almada apresenta uma elevada suscetibilidade a inúmeros riscos devido à sua localização, como o risco sísmico, risco de inundação por *tsunami*, instabilidade de vertentes, movimentos de massa, risco de cheias e inundações por precipitação intensa, erosão do litoral e galgamento oceânico, contaminação de aquíferos, incêndios florestais, entre outros (CMA, 2011b).

Nas AUGI de Almada, o maior problema deve-se ao facto de serem zonas sem loteamento aprovado, densamente povoadas, com arruamentos mínimos que deixam pouca margem de manobra a soluções de melhoria, com pouco espaço para requalificar a rede de transportes públicos e com a maioria dos espaços públicos como arruamentos e logradouros completamente impermeabilizados, o que agrava os riscos de cheias e inundações, escoamentos superficiais e o efeito de “ilha de calor” na cidade (CMA, 2011b).

Na Cidade dos Vales, os principais riscos a ter em conta no território são, o risco da ocorrência de cheias e inundações por precipitação intensa, ventos fortes, sismos, ondas de calor e de frio, secas e movimentos de massa nas vertentes dos vales. Considerando o âmbito da presente dissertação de avaliar o contributo das infraestruturas verdes na adaptação a riscos derivados das alterações climáticas e, por esta ser uma zona com uma vasta rede de linhas de água, o risco que será estudado com maior foco e rigor, por ser o mais passível de afetar a zona e com maior gravidade, é o risco de cheias e inundações por picos de precipitação intensa. Os efeitos das cheias e inundações nas margens das linhas de água são consideravelmente mais nefastos em AUGI devido à sua falta de planeamento urbano e à falta de infraestruturas de vazão de água pluvial adequadas (CMA, 2011b).

1.2 Objetivos e Questões de Investigação

No âmbito dos trabalhos de revisão do PDMA, a Câmara Municipal pretende assegurar a conclusão do estudo estratégico para o eixo territorial “Cidade dos Vales” na Sobreda/Charneca da Caparica.

O principal objetivo que se pretende alcançar neste território é a sua Unidade e Coesão, o qual apenas se conseguirá através da concretização de cinco outros objetivos:

- Uma boa legibilidade territorial;
- Uma estrutura urbana coesa;
- Alcance de padrões elevados de qualidade ambiental;
- Alcance de padrões elevados de qualidade de vida, integração e equidade social;
- Melhoria da qualidade do meio urbano.

Assim, o principal objetivo desta dissertação consiste em apresentar os contributos do uso de infraestruturas verdes para uma gestão urbana mais sustentável e resiliente, de base ecológica, de forma a integrar os riscos derivados das alterações climáticas, com incidência numa zona do concelho de Almada – a Cidade dos Vales.

De forma a providenciar este contributo para uma gestão urbana mais sustentável, e de forma a contribuir para uma abordagem de base ecológica em territórios complexos (como é o caso das AUGI), torna-se necessário dar resposta a alguns objetivos específicos, tais como, a identificação dos principais riscos associados à zona da Cidade dos Vales derivados das futuras alterações previstas para o clima da zona, a identificação de diferentes estratégias de adaptação às Alterações Climáticas e as soluções de adaptação disponíveis. Após a identificação das diferentes estratégias, pretende-se dar algumas sugestões de infraestruturas verdes a incorporar na área de estudo, de forma a aumentar a resiliência das comunidades aos principais riscos associados às Alterações Climáticas e, por fim, avaliar qual o contributo das infraestruturas verdes na conexão entre o Sistema Biofísico e o Sistema Urbano e Cultural, para um modelo de ordenamento mais sustentável.

2 Estrutura e Metodologia

Estrutura

A dissertação apresentada resulta da pesquisa científica e bibliográfica dos temas em estudo, uma posterior análise crítica aos mesmos e a análise das características da área de estudo a avaliar. Assim, entendeu-se por bem dividir a dissertação nos seguintes 10 capítulos.

- Capítulo 1 – *Introdução*

É feita uma introdução ao tema através do enquadramento da problemática existente no território. São abordados os motivos da migração para a Margem Sul do Tejo e a origem das AUGI na zona de estudo. Dado o tema da dissertação, não poderia deixar de ser abordado o tema das Alterações Climáticas, os seus efeitos previstos para o clima e o uso das Infraestruturas Verdes como medida de adaptação a estes, bem como os benefícios e vantagens advindos do seu uso. Após o enquadramento, são definidos o objetivo principal e os objetivos específicos aos quais se pretende dar resposta finda a dissertação.

- Capítulo 2 – *Estrutura e Metodologia*

Neste capítulo é clarificada a forma como o relatório se encontra estruturado. Inclui a descrição detalhada da metodologia seguida ao longo do processo de trabalho e, as ferramentas utilizadas de forma a que o estudo seja replicável.

- Capítulo 3 – *Alterações Climáticas e Infraestruturas Verdes*

Neste capítulo é analisada a literatura existente sobre o tema em estudo de forma a avaliar o que já foi feito na comunidade científica, os problemas estudados e soluções obtidas. Começa por se fazer uma introdução a conceitos relevantes à compreensão do tema, seguido da revisão bibliográfica de temas relativos às alterações climáticas e aos usos de infraestruturas verdes. São apresentados alguns casos de estudo a nível nacional e internacional, de forma a apresentar as melhores técnicas disponíveis, os casos bem-sucedidos e, nos menos bem-sucedidos, o motivo do insucesso. O capítulo termina com uma análise às lacunas identificadas, alguns desafios e os próximos passos que se devem tomar na investigação desta área.

- Capítulo 4 – *Breve apresentação do concelho de Almada*

É feita uma breve apresentação do concelho de Almada relativamente à sua localização, população, setores de atividade, acessibilidades e clima. É ainda avaliado o impacto expectável que as alterações climáticas terão sobre o concelho de Almada.

- Capítulo 5 – *Situação de referência na Cidade dos Vales*

Apresentação da situação de referência (*baseline*) na zona de estudo – a Cidade dos Vales. Após a pesquisa da EEM e das condicionantes da zona e, focando na sub-bacia da Regateira, é feita uma análise da situação existente, quer a nível do sistema biofísico

(integrando os sistemas hídricos, habitats, solos e espaços livres), quer a nível do sistema urbano e cultural (integrando os sistemas funcional, de mobilidade e acessibilidades e, de património cultural). São ainda identificados os principais riscos associados a esta zona territorial de forma a elaborar um diagnóstico prospetivo da zona.

- **Capítulo 6 – *Delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias***

Uma parte fundamental desta dissertação revelou-se o cálculo das zonas ameaçadas por cheias na sub-bacia da Regateira, uma vez que este é o risco com nível de interesse mais elevado. Assim, neste capítulo é apresentado um Estudo Hidrológico da zona realizado pela autora, onde se avaliam as condições de escoamento na sub-bacia, de forma a obter os valores de tempo de concentração e caudal de ponta de cheia. De seguida, são realizados alguns cálculos hidráulicos, a identificação da permeabilidade máxima do solo, o cálculo da altura de água excedente passível de causar inundações na zona de estudo e, o capítulo encerra com a apresentação dos Mapas de Zonas Inundáveis criados.

- **Capítulo 7 – *Estratégias de adaptação***

Após a definição das Zonas Potencialmente Inundáveis, o capítulo 7 apresenta as possíveis estratégias de adaptação ao risco existente. Para o setor pormenor em estudo, orientou-se as estratégias de adaptação segundo dois cenários: um cenário de Defesa/Proteção e um cenário de Relocalização.

- **Capítulo 8 – *Abordagem proposta para o setor pormenor***

Tendo em conta a carta de Zonas Potencialmente Inundáveis obtida, bem como os outros riscos considerados, foi elaborada uma abordagem proposta de atuação a ser implementada no setor pormenor, de forma a adaptar o território aos efeitos das alterações climáticas, recorrendo ao uso de infraestruturas verdes.

- **Capítulo 9 – *Outras propostas de atuação***

Neste capítulo são apresentadas algumas propostas de reconversão de uma área mais alargada, para além do setor pormenor, de forma a requalificar os espaços e aumentar a resiliência e a sustentabilidade da sub-bacia da Regateira.

- **Capítulo 10 – *Conclusões e Recomendações***

A dissertação é encerrada com um capítulo de conclusões da autora relativamente ao estudo realizado, bem como algumas recomendações a considerar.

Metodologia

- 1) Investigação e conhecimento sobre o concelho de Almada, mais concretamente, a zona da Cidade dos Vales a partir de:
 - a. Análise de documentos internos da CMA e de literatura aplicável;
 - b. Visitas de campo, para a devida recolha de fotografias do local, esclarecimento de dúvidas pontuais e conversas com os moradores da zona;
 - c. Identificação das infraestruturas verdes presentes, os serviços prestados por elas e os riscos que assolam o território.
- 2) Compreender a situação de referência, os riscos e as oportunidades presentes na zona:

- a. Identificar as ameaças e riscos existentes no local, através da leitura de documentos e da análise de mapas de riscos do concelho de Almada;
 - b. Identificar oportunidades e locais a intervir, tendo em conta zonas desaproveitadas e/ou zonas de intervenção prioritária.
- 3) Identificação das zonas potencialmente inundáveis do território:
- a. Estudo hidrológico
 - i. Análise das condições de escoamento na sub-bacia (características geométricas da bacia, sistema de drenagem, relevo da zona, geologia e solos, vegetação e ocupação do solo);
 - ii. Através do uso do SIG – *ArcGIS 10.2* – foi possível criar, a partir das curvas de nível e dos pontos cotados do território, uma TIN que deu origem ao Modelo Digital do Terreno (MDT). Ao MDT criado, juntou-se a linha de água em estudo para tratamento e exposição dos resultados;
 - iii. Sobre o MDT obtido foi possível a criação dos mapas de altitudes, declives e exposição de vertentes da zona de estudo;
 - iv. Cálculo dos valores de tempo de concentração da água na bacia, com recurso às fórmulas de David, Ven Te Chow e, usando o método das velocidades de escoamento superficial (SCS), para o qual o curso de água principal foi dividido em cinco troços homogéneos;
 - v. Cálculo do caudal de ponta de cheia recorrendo à Fórmula Racional.
 - b. Cálculos hidráulicos
 - i. Cálculo dos índices de permeabilidade:
 1. Primeiramente, foram atribuídas classes de permeabilidade a três critérios, nomeadamente, os declives, a ocupação de solo e a geologia do local. Optou-se pelo uso de cinco classes de permeabilidade, correspondendo o índice 5 a “permeabilidade elevada” e, o índice 1 a “permeabilidade reduzida”;
 2. Recorrendo às cartas de declives, ocupação de solo e à carta geológica associadas à zona de estudo foi possível criar os mapas de permeabilidade correspondentes a cada situação;
 3. Após a criação dos mapas de permeabilidade associados a cada critério, foi possível calcular o índice de permeabilidade total. Recorrendo à função *raster calculator* do *ArcGIS*, calculou-se o produto entre os três índices já calculados (declives, ocupação do solo e geologia). Considerou-se que todos os critérios têm igual importância e peso na formulação da permeabilidade total.
 - ii. De forma a calcular o caudal que atinge de facto a cabeça da Vala da Regateira, recorreu-se ao uso de um hidrograma unitário. Recorrendo ao critério de semelhança entre triângulos, foi possível calcular o volume de água retido pela bacia de retenção a montante e, consequentemente, determinar o volume de água afluente à cabeceira da Vala da Regateira;
 - iii. Após saber o caudal e o volume de água afluente à cabeceira da Vala, calculou-se o volume de água excedente (não comportado pela capacidade de encaixe da vala).

1. Para tal, subdividiu-se o setor pormenor em quatro tipos de troços e verificou-se onde haveria problemas de caudal excedente não suportado pela vala. Foi determinado o volume de água excedente, para o troço sem capacidade de encaixe;
2. A partir da função *3DAnalyst - profile graph* do *ArcGIS*, aplicada sobre o MDT, foram obtidos dois perfis transversais do troço em questão;
3. Assumiu-se que a dimensão do leito de cheia, *i.e.*, a primeira área das margens a ser inundada, será a de declives iguais, ou inferiores, a 3%, sobre os transectos criados;
4. Sabendo o volume de água excedente e as dimensões do leito de cheia e, assemelhando o leito de cheia definido à figura geométrica de um trapézio, calculou-se a altura que esse volume de água irá atingir, numa situação de cheia centenária.

c. Mapa de Zonas Potencialmente Inundáveis

- i. Considerou-se que as zonas de permeabilidade máxima correspondem às zonas potencialmente inundáveis, *i.e.*, as zonas que, em situação de risco de cheias devido a cenários extremos, serão as primeiras a ser inundadas;
- ii. Com recurso ao *software ArcGIS*, foram criados os respetivos mapas de Zonas Potencialmente Inundáveis.

4) Propostas de atuação

- a. Descrição das melhores medidas de adaptação do setor pormenor às AC;
- b. Apresentação de soluções, fazendo uso de infraestruturas verdes, de gestão integrada das águas pluviais e sugestão de medidas de controlo da água no local, favorecendo sempre as medidas de retenção natural da água.

3 Alterações Climáticas e Infraestruturas Verdes

3.1 Introdução a conceitos relevantes

Apesar de, atualmente, as cidades ocuparem apenas cerca de 2% da superfície terrestre, estas acolhem metade da população mundial, prevendo que abriguem 80% por volta de 2050 (Bettencourt & West, 2010, referido em Liu *et al.*, 2014) e, são responsáveis por 70% das emissões atmosféricas de carbono. Este facto coloca enormes desafios ao fornecimento seguro de água doce e potável, nomeadamente ao nível da captação na fonte, do tratamento, do armazenamento e da distribuição, a que se encontram também associados enormes consumos de energia. A integração da sustentabilidade nas empresas ainda é insuficiente, mesmo que o avanço tecnológico o permita e as metas ambientais o imponham (Aguiar, 2016).

Devido à crescente onda de preocupações relacionadas com os efeitos das alterações climáticas, muitos dirigentes de cidades têm vindo a implementar medidas e metas a alcançar de forma a tornarem as suas cidades mais sustentáveis e resilientes. De facto, a Holanda definiu que a partir de 2025 só vai vender carros elétricos, estando os fabricantes proibidos de vender carros que usem combustíveis fósseis. Na Europa há inúmeros exemplos, como a Suécia que se comprometeu a reduzir para zero as suas emissões de carbono até 2030, a Noruega o mesmo para 2045, mas, porventura um dos mais ambiciosos é o da cidade de Oslo, Noruega, onde se debate uma proposta para proibir a utilização de veículos de transporte privado dentro da cidade a partir de 2019 (comunicação pessoal durante a conferência “*Roteiro Local para as Alterações Climáticas: o Acordo de Paris na ação local*”, abril 22, 2016). Mais recentemente, Portugal também se comprometeu a tornar-se um país neutro em emissões de carbono até 2050. Tais projetos inovadores são possíveis devido à constante inovação tecnológica que se experiencia no mundo atual, devendo ser feito um investimento cada vez maior em tecnologias ecologicamente corretas.

3.1.1 Migração e instalação das AUGI

Por volta dos anos 60, o subdesenvolvimento e o desemprego no interior do país levaram a uma vaga de emigração para as áreas metropolitanas das grandes cidades, sobretudo de Lisboa e do Porto, em busca de melhores condições de vida. Esta vaga e o consequente acréscimo na população provocou uma elevada procura de habitação, que deu origem a um surto de loteamentos ilegais e respetivas construções urbanas clandestinas (AUGI) desprovidas de infraestruturas urbanas, como redes de abastecimento de água, de eletricidade, de esgotos, arruamentos, passeios, bem como de equipamentos públicos e espaços verdes. Simultaneamente, e devido à insuficiente legislação que pudesse controlar o crescimento das malhas urbanas, e à falta de fiscalização, este crescimento urbano desordenado assumiu um efeito significativamente negativo no ordenamento do território e no crescimento das áreas metropolitanas (Chula, 2014).

A **definição de AUGI** é apresentada no artigo 1º da Lei das AUGI (Lei n.º 91/95, de 2 de Setembro), como “prédios ou conjuntos de prédios contíguos que, sem a competente licença de loteamento, quando legalmente exigida, tenham sido objeto de operações físicas de parcelamento destinadas à construção até à data da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 400/84, de 31 de Dezembro, e que, nos respetivos planos municipais de ordenamento do território (PMOT), estejam classificadas como espaço urbano ou urbanizável”. Ainda no n.º 3 do mesmo artigo, “são ainda considerados AUGI os prédios ou conjuntos de prédios parcelados anteriormente à entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 46673, de 29 de novembro de 1965, quando predominantemente ocupados por construções não licenciadas.”.

Como descrito no trabalho de Chula (2014), na Margem Sul do Tejo é claramente visível a homogeneidade da distribuição no território de algumas AUGI, nomeadamente toda a zona de Fernão Ferro, Charneca da Caparica e Sobreda, Lagoa de Albufeira e Pinhais das Marquesas e das Formas, zonas relativamente planas, com bons solos, com boas perspetivas de expansão urbanística, que foram claramente “beneficiadas” pelo esquecimento e, possivelmente, por uma menor pressão legal (devido à distância a Lisboa), desenvolvendo-se sem barreiras durante muitos anos.

3.1.2 Espaços verdes

O êxodo da população rural para as cidades e o seu crescimento desmedido, provocou uma crescente densificação dos aglomerados urbanos que aliada à evolução dos transportes não respeitava nem permitia a presença do espaço rural, havendo a necessidade de se recriar a presença da Natureza no meio urbano. Assim, o conceito de **espaço verde urbano** que começou por designar um local público de passeio e convívio das classes privilegiadas, modificou-se após a revolução industrial quando estes espaços até então privados e exclusivos das classes mais privilegiadas abriram ao público.

De acordo com Mendes (1986), referido em Gonçalves (2010), foi nesta época que surgiram os primeiros parques municipais como o Central Park (1853) em Nova Iorque, associados ao conceito de pulmão verde da cidade, ou seja, um espaço verde suficientemente grande para produzir as quantidades de oxigénio necessário de forma a compensar a poluição atmosférica resultante da industrialização. Em Portugal o primeiro jardim público surgiu em 1764 em Lisboa, chamado de “*Passeio Público*” (atualmente designado por Avenida da Liberdade); em 1768, foi criado o Jardim Botânico da Ajuda, seguido pela abertura do Jardim Zoológico (1881) e, em 1930, é aprovado o Parque Florestal de Monsanto, o pulmão verde da cidade de Lisboa.

Com a introdução da componente ecológica no planeamento urbano, os espaços verdes ganharam maior relevância, visto que se verificou que estes espaços influenciam diretamente a qualidade de vida urbana. Surgiu assim o conceito de “*continuum naturale*” que promove a ligação entre os espaços verdes e com o qual se pretende que a Natureza penetre na cidade de modo contínuo, criando nichos ecológicos diversificados. Estas “ligações”, também designadas por **corredores verdes**, podem assumir formas e funções não só ecológicas, mas também urbanas, como pela criação de espaços de lazer e recreio, pelo enquadramento a infraestruturas e edifícios, até ao simples embelezamento de uma rua ou praça arborizada (Telles *et al.*, 1994, referido em Gonçalves, 2010). Estes corredores permitem dar resposta a um conjunto de preocupações, dos quais se destacam a salvaguarda dos valores naturais e construídos em áreas de forte pressão urbanística, a oferta de áreas atraentes para o turismo, e a proteção e manutenção da qualidade do ar, do solo, da água e dos recursos naturais (Fabos, 1995, referido em Gonçalves, 2010).

Em 1972, aquando da Conferência de Estocolmo a qualidade ambiental das áreas urbanas começou a ser discutida, tendo o conceito de ambiente urbano apresentado uma evolução. A

crescente preocupação com a qualidade do ambiente a nível urbano levou à publicação de “O Livro Verde do Ambiente Urbano” pelo conselho de Ministros do Ambiente da União Europeia em 1990, que analisa os problemas ambientais presentes nas cidades europeias, sendo os principais referentes à poluição urbana (ar, água, ruído, resíduos e solo), ao ambiente construído (estradas, ruas, edifícios, espaços abertos e áreas recreativas) e aos aspetos relacionados com a Natureza (espaços verdes e habitats naturais na cidade) (Gonçalves, 2010).

3.1.3 Cheias vs. Inundação

Segundo Saraiva e Carvalho (2009), os conceitos de **cheia e inundação** são várias vezes usados como sinónimos, mesmo não o sendo, pois “*todas as cheias provocam inundações, mas nem todas as inundações são devidas a cheias*” (Ramos, 1997, referido em Saraiva & Carvalho, 2009, p. 3). Ainda que em linguagem corrente, o conceito de “cheia” se encontre associado ao galgamento das margens de um rio, com submersão e consequente inundação da planície fluvial (Carmo, 1996, referido em Saraiva & Carvalho, 2009, p. 3), segundo alguns autores, as cheias assumem-se como fenómenos hidrológicos extremos devido à dinâmica fluvial, ou seja, em situações que o rio transborda em relação ao seu leito ordinário. Este transbordo, por sua vez, é o causador da inundação (cobertura temporária de uma área por água) dos terrenos ribeirinhos (Saraiva & Carvalho, 2009, p. 3).

Do ponto de vista hidrológico, verifica-se a ocorrência de uma cheia quando a bacia hidrográfica recebe uma quantidade de água de tal forma intensa e prolongada que o caudal daí proveniente e que afluí à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo da rede, extravasando-a e alagando (inundação) os campos marginais (Portela, 2008, referido em Saraiva & Carvalho, 2009). Assim, “cheia” é um conceito associado ao caudal e, “inundação” é um conceito que se encontra associado ao volume de água presente.

Refere Costa (1986), em Saraiva e Carvalho (2009), que em Portugal ocorrem três grandes tipos de inundação: as resultantes das cheias dos grandes rios (que se formam ao fim de vários dias ou semanas de precipitação); as resultantes de cheias associadas aos pequenos cursos de água (que se formam ao fim de algumas horas de precipitação intensa); e as inundações urbanas (Figura 3.1) como consequência de fortes chuvadas e da impermeabilização dos terrenos (em algumas dezenas de minutos). As primeiras, normalmente, não registam perdas de vida, pois, em países com um sistema de alerta eficaz, existe tempo para retirar pessoas e animais das áreas de inundação conhecidas. Pelo contrário, as últimas, na grande maioria dos casos podem originar perda de vidas, face a situações inesperadas de grandes volumes de água num curto espaço de tempo e à dificuldade de escoamento da água.

No período 1864-2010 foram relatados, pelos jornais portugueses, 1622 cheias e 281 deslizamentos de terra em solo luso, que tiraram a vida a 1310 pessoas e desalojaram outras 41 844 (Tomás, 2012).

Entre 1980 e 2011 registaram-se 20200 catástrofes naturais no mundo, entre inundações, tsunamis, terremotos, tempestades, ondas de calor, secas e incêndios que provocaram mais de 2 milhões de mortos. Destas, 107 ocorreram em Portugal, originando 3000 mortos, sobretudo devido a vagas de calor e, prejuízos acima dos 282 mil milhões de euros. Só um quarto estava coberto por seguros, segundo dados da Munich Re. De facto, em Portugal, entre 1980 e 2011, apenas 2,3% dos danos totais causados por catástrofes naturais estavam cobertos por apólices de seguro. Neste período, os danos causados por eventos climáticos, geofísicos, hidrológicos e meteorológicos, provocaram perdas no valor de 5,3 mil milhões de euros. Destes, apenas 123 milhões de euros estavam cobertos por seguro e apenas por causas meteorológicas e hidrológicas (Tomás, 2012).



Figura 3.1 - Cheias urbanas em Lisboa, 2010. (Fonte: CCDR-LVT, 2015).

Segundo o novo RJREN, consideram-se como “*zonas ameaçadas pelas cheias*” (ZAC), ou “*zonas inundáveis*”, as áreas suscetíveis de inundação por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados. A delimitação destas zonas é efetuada através de modelação hidráulica e hidrológica que permita o cálculo das áreas inundáveis com um período de retorno de 100 anos, a partir da observação de marcas ou registos de eventos históricos, de dados cartográficos e de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos. De acordo com as alterações produzidas pelo Decreto-Lei n.º 239/2012, na delimitação de ZAC podem ser considerados períodos de retorno mais baixos. Embora a demarcação da REN nos PDM tenha, na sua maioria, incluído os leitos dos cursos de água e as zonas ameaçadas pelas cheias, é necessário reforçar a sua atualização e a necessidade de os municípios elaborarem a cartografia de zonas inundáveis correspondente, abrangendo os perímetros urbanos, sendo este um contributo bastante importante para a correta atuação das autoridades em situações de emergência.

3.2 O (des)ordenamento do território

Face ao atraso acumulado ao longo de décadas e à ausência de planeamento urbano em Portugal, a principal prioridade das políticas públicas foi apenas relativa à habitação e construção de infraestruturas básicas mínimas, deixando-se para um segundo plano a organização do território. Segundo Ferreira (2004), referido em Gonçalves (2010), “*Portugal perdeu a oportunidade de consolidar o seu sistema de planeamento, o que explica o desregramento do seu crescimento urbano*”.

Com o passar do tempo começaram a surgir novas **ferramentas em prol do ordenamento** do território, como foram o caso dos PDM, da REN e da RAN na década de 80 e, na década de 90, quando foi determinado legalmente que apenas os municípios com PMOT aprovados, se poderiam candidatar aos Quadros Comunitários de Apoio da União Europeia, realizaram-se uma grande quantidade de PDM. No entanto, o resultado foi o surgimento de inúmeros planos desajustados da realidade, com poucas preocupações de índole ambiental (Amado, 2005, como referido em Gonçalves, 2010). De facto, segundo dados de Vieira (2003) referido em Gonçalves (2010), para o ano de 1995, a soma das áreas com direitos de urbanização aprovadas em todos os PDM, resultava num total de direitos de construção para 30 milhões de habitantes, num país que tinha nessa altura cerca de 9 milhões. Foi apenas com a adesão de Portugal à Comunidade

Económica Europeia (CEE), em 1986, que se sucederam transformações graduais na agenda da política nacional, apesar de permanecerem muitos dos valores e princípios anteriores. Uma dessas transformações foi a crescente preocupação do Estado com as componentes biofísica e ambiental, vindo a ser publicadas as Leis da Reserva Agrícola Nacional e Reserva Ecológica Nacional e a Lei de Bases do Ambiente (Gonçalves, 2010). A criação destas e de outras leis, como a Lei nº 48/98, de 11 de agosto, designada Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e Urbanismo, denunciam a importante relação entre o planeamento e ordenamento do território e a componente ambiental. (Partidário, 1999, referido em Gonçalves, 2010).

O ordenamento do território é considerado cada vez mais como uma poderosa ferramenta que permite melhorar a sustentabilidade das cidades, encontrando-se por isso muitas cidades europeias a estudar formas de integrar os princípios ecológicos nos planos de ordenamento do território e no planeamento de transportes (EEA, 1995 referido em Gonçalves, 2010).

O aumento da população nas cidades, e consequente procura de espaço urbano, resultou num aumento da área impermeabilizada, na ocupação de espaços verdes e fragmentação de habitats. Estes fatores potenciam efeitos nefastos não só para o meio ambiente e para a biodiversidade local, como também para a população, nomeadamente, potenciando o risco de cheias, o aumento das temperaturas na cidade e a degradação da qualidade do ar, com consequente diminuição da qualidade da vida urbana. Constata-se que o meio urbano fornece uma melhor qualidade de vida aos seus habitantes, pela simples existência de espaços verdes e da otimização da sua qualidade ecológica, devido à sua capacidade de melhorar o microclima urbano e a qualidade da água, contribuir para a reciclagem de compostos urbanos, reduzir os níveis de ruído ambiente e através da criação de locais de recreio e lazer (Gonçalves, 2010).

Segundo Amado (2007), um processo de planeamento urbano sustentável deve seguir 4 etapas fundamentais para todo o tipo de projetos de expansão e renovação urbana, independentemente da sua dimensão e/ou localização. As etapas propostas pelo autor são descritas de seguida:

1. Definição dos objetivos de intervenção – definição dos objetivos e ações estratégicas, em conjunto com a população, que satisfazem os parâmetros urbanísticos em vigor.
2. Análise da situação de referência – são realizadas análises às componentes necessárias a um desenvolvimento sustentável (ambiental, económica, social e urbanística, condicionantes e potencialidades) e procede-se à definição de critérios específicos.
3. Conceção – considerada a etapa “mais importante ao nível do desenho urbano, constituída por sete ações que correspondem à prática do processo de conceção de desenho urbano” (cadastro fundiário, condicionantes, estratégias e fatores de sustentabilidade, localização de equipamentos e espaços livres, traçado de vias, implantação de lotes, proposta e avaliação).
 - A existência de uma ação de avaliação no processo reforça a participação da população e a sua capacidade decisiva, permitindo a avaliação de soluções alternativas e, porventura, a necessidade de reformulação de objetivos iniciais.
4. Implementação – após a elaboração de uma proposta adequada e da sua correta avaliação, decorre a implementação das medidas de projeto que garantam o cumprimento dos objetivos de sustentabilidade.

3.3 As alterações climáticas no meio urbano

Os efeitos decorrentes das alterações climáticas não são algo expectável para um futuro próximo, são antes algo que já está a decorrer e os quais serão cada vez mais graves nos anos vindouros.

Diversos relatórios e documentos do IPPC confirmam o aumento da temperatura média do Planeta verificado ao longo dos últimos 50 anos como consequência do aumento da concentração de GEE de origem antropogénica na atmosfera. Assim, torna-se imperativa a redução das emissões de CO₂ resultantes das atividades humanas e estabilizar a concentração de GEE na atmosfera a níveis que não interfiram com o sistema climático.

Devido ao facto do sistema climático se tratar de um sistema dinâmico muito complexo, importa avaliar a evolução previsível dos parâmetros climáticos de forma a orientar as opções estratégicas a longo prazo, aumentando a resiliência do território, das comunidades e dos ambientes, naturais e construídos. Assim, é necessário adicionar os previsíveis efeitos das alterações climáticas que introduzirão variações nos parâmetros climáticos de forma a maximizar a capacidade adaptativa a esses efeitos.

As emissões de CO₂ são o principal motivo do aumento da temperatura terrestre ao longo, e após, o século XXI. As projeções efetuadas de acordo com as emissões de GEE variam bastante, dependendo tanto do desenvolvimento socioeconómico, como das políticas climáticas (IPCC, 2014).

As **áreas urbanas** influenciam as condições climáticas locais, de tal forma que se considera a existência de um clima urbano, que difere do da área envolvente, e que acarreta alguns problemas próprios, como o **efeito da ilha de calor urbano**. Este tipo de problema deriva, principalmente, da geometria urbana que substitui a cobertura natural do solo por materiais impermeáveis e absorventes de energia (como pedra, cimento e asfalto), e da alteração da composição da baixa atmosfera devido a atividades antropogénicas, como a indústria e a circulação automóvel (Ganho, 1998, referido em Gonçalves, 2010).

As previsões efetuadas pelo IPCC (2014), no relatório do 2º Grupo de Trabalho intitulado de “*Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*” (em português: *Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade*), para a região do sul da Europa, apontam para alguns previsíveis impactes derivados das alterações climáticas, especialmente devido à alteração dos padrões de temperatura e do regime de pluviosidade.

Quanto à temperatura à superfície da Terra, antecipa-se um aumento desta segundo qualquer cenário climático de projeção e é muito provável que as ondas de calor ocorram mais frequentemente e sejam mais duradouras. Desde 1950, os extremos de temperaturas altas (dias quentes, noites tropicais e ondas de calor) ocorrem mais frequentemente, contrariamente aos extremos de temperaturas baixas (períodos de frio e dias de geada), que se tornaram menos frequentes. Já os eventos de precipitação extrema, prevê-se que se tornem mais intensos e frequentes em determinadas regiões. Ainda, o nível médio do mar irá aumentar e o oceano ficará mais quente e mais ácido. Durante o período 1901-2010, o nível global médio do mar aumentou cerca de 0,19 m, devido ao derretimento dos glaciares que reduziram de tamanho quase em toda a sua extensão mundial. Foi demonstrado, com nível de *alta confiança*, que ao longo das últimas duas décadas, a Gronelândia e os lençóis de gelo da Antártica têm vindo a perder massa (IPCC, 2014).

Na Figura 3.2 e Figura 3.3(a) pode-se constatar o aumento da **temperatura média global**, sendo que na Figura 3.2 se encontra representada a variação da temperatura global média para um cenário de baixas emissões e mitigação (RCP2.6) e para um cenário de elevadas emissões (RCP8.5). As previsões indicam para 2100, relativamente às temperaturas de 1850-1900, um aumento de 0,9-2,3°C para o cenário RCP2.6, e um aumento de 3,2-5,4°C para o cenário RCP8.5. Apesar do aumento ser evidente para toda a Europa, prevê-se um aquecimento mais forte no verão para a região do sul da Europa, e no inverno para o norte da Europa. Em termos dos riscos adicionais importa salientar que o risco para a ocorrência de eventos climáticos extremos, como as ondas de calor, precipitação extrema, tempestades e secas, a partir de 1°C passa a ser alto.

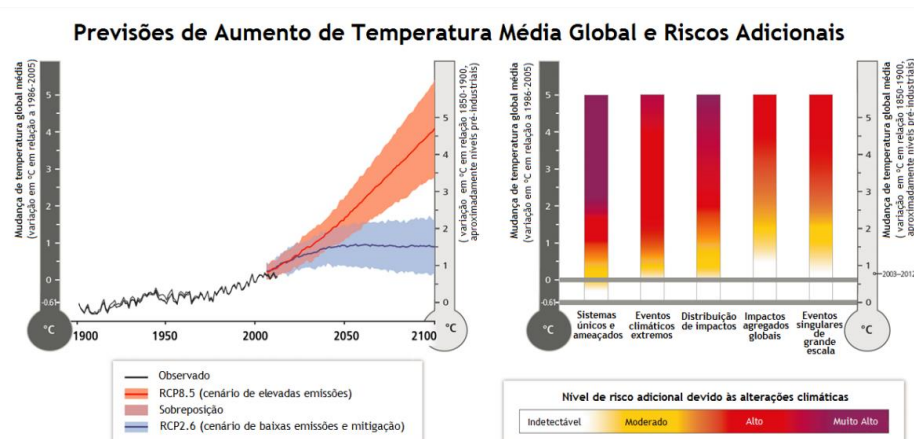


Figura 3.2 - Variação de temperatura global média para os cenários RCP2.6 e RCP 8.5 (à esquerda); nível de risco adicional em função da mudança de temperatura média global para diferentes sistemas e eventos (à direita). (Fonte: LPN, 2014)

Na Figura 3.3 é possível observar as variações, a nível global, da temperatura média (a), da precipitação média (b) e do nível médio do mar (c) para o período 2081-2100 relativamente ao período 1986-2005 segundo os mesmos cenários, RCP2.6 supondo um cenário de baixas emissões e de mitigação e, RCP8.5 para um cenário que prevê elevadas emissões.

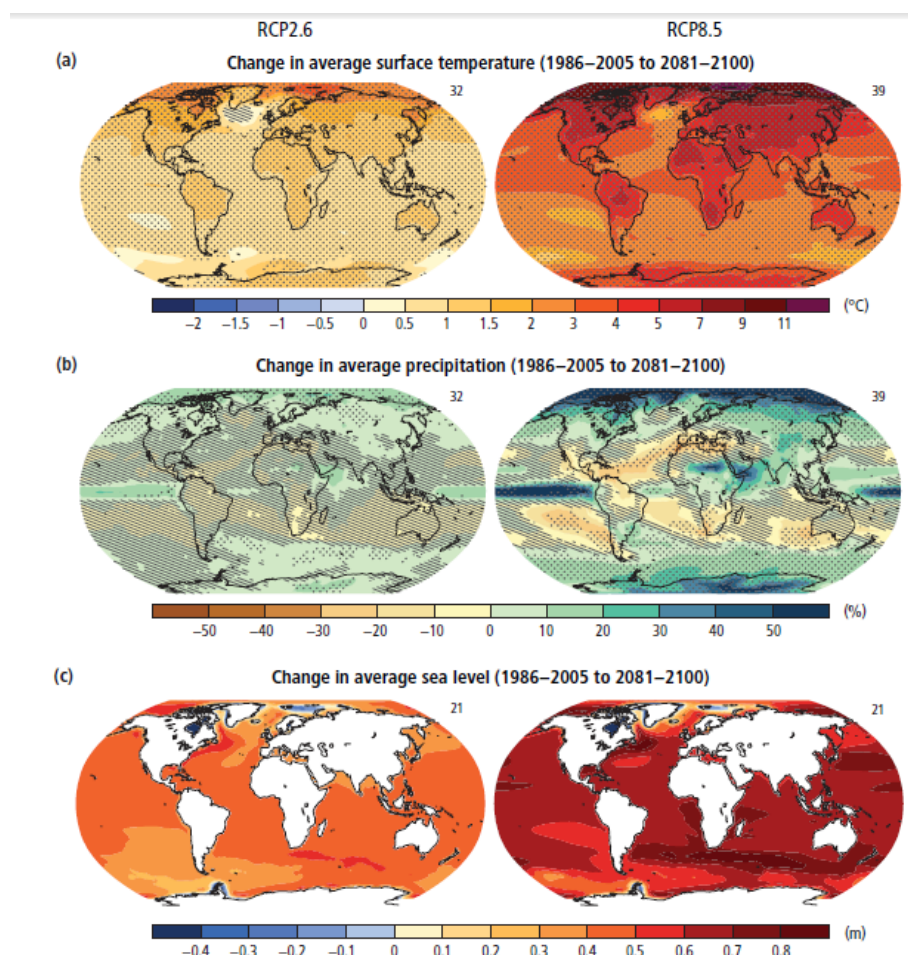


Figura 3.3 - Variação de temperatura média global (a), precipitação média (b) e nível médio do mar (c) para 2081-2100 relativo a 1986-2005, segundo os cenários RCP2.6 (à esquerda) e RCP 8.5 (à direita). (Fonte: IPCC, 2014)

São vários os riscos associados às AC pelo que nem todos serão aprofundados, pois não consiste no âmbito da presente dissertação. Assim, apenas são apresentados alguns efeitos previsíveis e de forma introdutória de forma a melhorar a compreensão sobre a sua gravidade. Entre outros, o relatório do IPCC (2014), refere os seguintes:

- Redução do número de dias e noites frias e do número de ondas de frio;
- Alteração do regime de chuvas, acentuando-se os picos de precipitação, a ocorrência de chuvas torrenciais e cheias fluviais;
- Alterações dos ventos e da ondulação marítima, subida do nível médio do mar e aumento da intensidade das tempestades, que conduzirá a um aumento da vulnerabilidade das zonas costeiras, assim como das atividades económicas relacionadas com o mar;
- Elevada probabilidade de decréscimo da produção de energia hídrica e da produtividade agrícola. Foi demonstrado por estudos que os efeitos negativos sobre a produção agrícola foram mais comuns que os efeitos positivos e, ainda mais, o regadio agrícola será cada vez mais caro e de pior qualidade, uma vez que a água estará disponível em menor quantidade e qualidade. Para além da agricultura, as alterações na disponibilidade e qualidade da água afetará setores como o turismo, a indústria, a energia e os transportes;
- Alterações nos ecossistemas naturais e nos habitats – a perda de zonas húmidas costeiras e a expansão de espécies invasoras poderá levar à extinção de espécies locais;
- Muitas espécies, de água doce e marinhas, mudaram a sua localização geográfica preferencial, atividades sazonais, padrões de migração, abundância e interações entre espécies em resposta às AC;
- Grande probabilidade de aumento do número de mortes relacionadas com o calor extremo, sendo mais afetados a população mais idosa e as crianças (intensificação dos fenómenos de ondas de calor e aumento do número de dias muito quentes ($> 35^{\circ}\text{C}$) por ano);
- Aumento da temperatura, redução da humidade e aumento de dias consecutivos de elevadas temperaturas (Figura 3.4) e do período seco (Figura 3.5);
- Destaca-se ainda um aumento do número de incêndios florestais derivados das alterações climáticas (Figura 3.6).

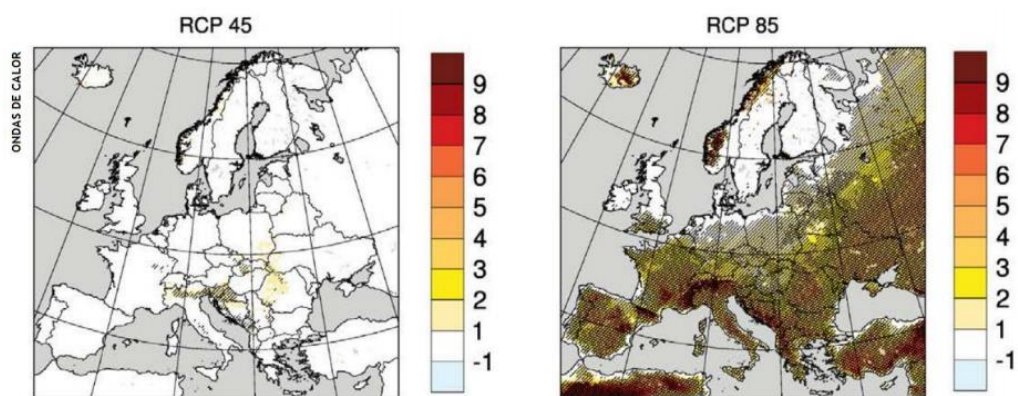


Figura 3.4 - Variação média do número de ondas de calor para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, comparando o período 2071-2100 com o período 1971-2000. (Fonte: LPN, 2014)

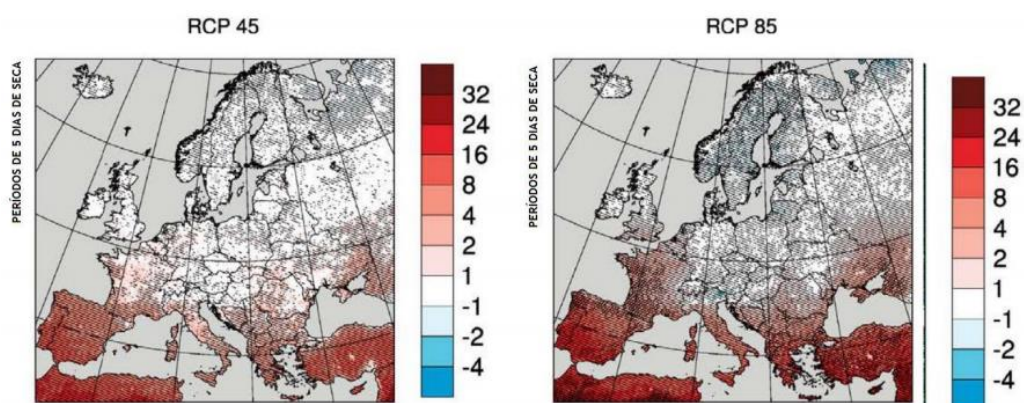


Figura 3.5 - Variação média do número de períodos de seca para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, comparando o período 2071-2100 com o período 1971-2000. (Fonte: LPN, 2014)

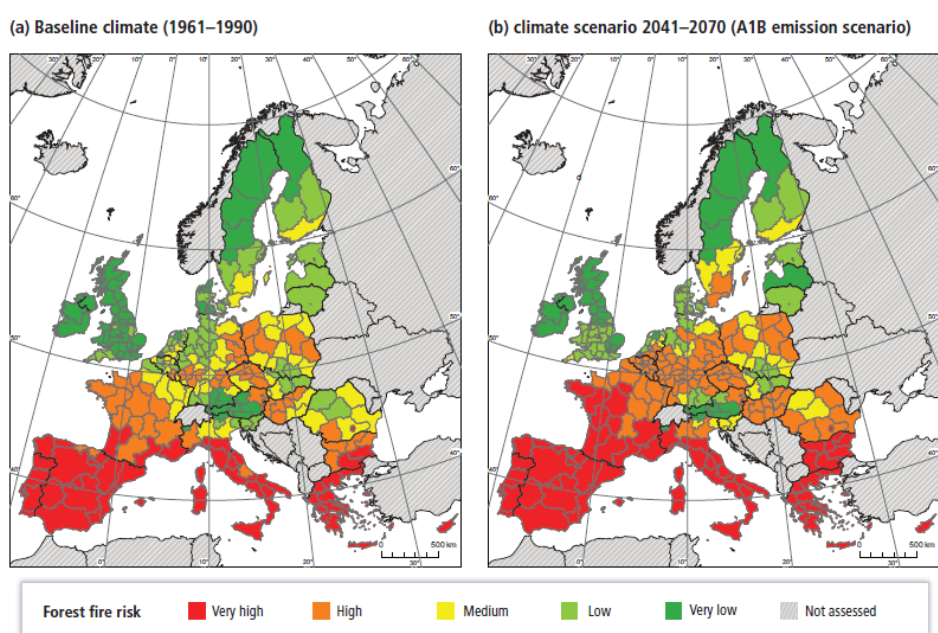


Figura 3.6 - Risco de incêndios florestais na Europa para o período 1961-1990 (a) e projetado para o período 2041-2070 (b). (Fonte: LPN, 2014)

Tendo em conta os riscos assinalados anteriormente, toma-se essencial incorporar as dinâmicas climáticas no planeamento urbano, de forma a alcançar uma gestão urbana resiliente e sustentável, seguindo diretrizes que garantam a resiliência dos sistemas naturais, sociais e económicos. É importante considerar que:

- A adequação das infraestruturas urbanas, em especial no que toca às alterações dos regimes hidrológicos, é fundamental para a proteção de pessoas e bens;
- O ambiente natural constitui um fator amenizador do clima, pelo que a sua manutenção é vital;
- A promoção e integração do meio natural no meio urbano aumenta o conforto climático, prepara a estrutura urbana para eventos extremos, promove a conectividade ecológica, contribui para uma maior permeabilização do solo e mitiga os efeitos das alterações climáticas na região.

Resumindo, na Figura 3.7 pode-se observar, segundo o IPCC 2007, os impactes das AC mais relevantes de acordo com os diferentes setores afetados, em várias regiões biogeográficas da Europa (Alcoforado *et al.*, 2009). Na região Mediterrânica, os principais impactes expectáveis são:

- Diminuição da precipitação anual;
- Diminuição do caudal anual dos rios;
- Aumento do número de incêndios florestais;
- Diminuição da produtividade agrícola;
- Aumento das necessidades de água na agricultura;
- Diminuição da produção de energia hídrica;
- Aumento da mortalidade provocada por vagas de calor;
- Aumento do número de vetores de transmissão de doenças;
- Diminuição do turismo no verão;
- Risco acrescido de desertificação;
- Risco acrescido de perda de biodiversidade.

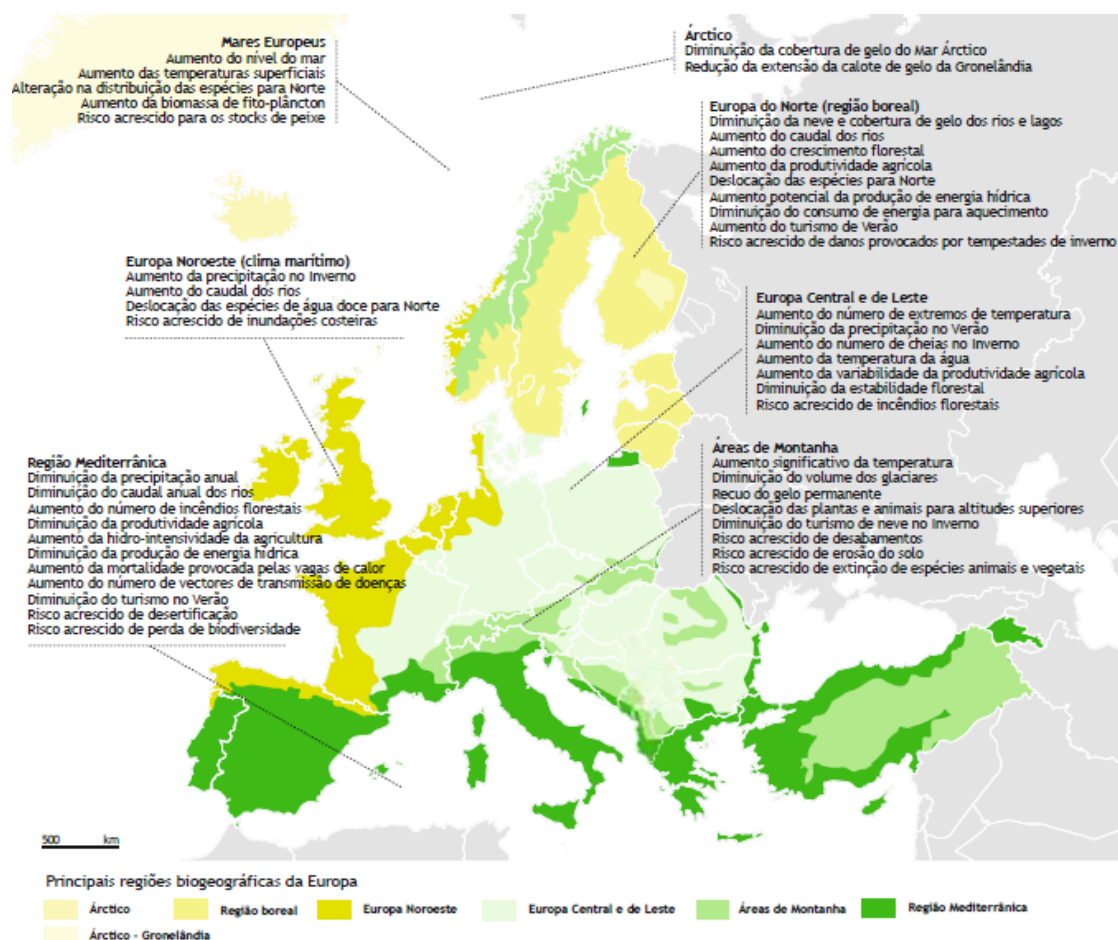


Figura 3.7 - Principais impactos das AC e efeitos nos setores das principais regiões biogeográficas da Europa. (Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009).

3.3.1 As alterações climáticas em Portugal

Portugal teve, nos últimos 20 anos, consideráveis progressos em matéria de alterações climáticas, quer na componente de mitigação, quer na componente de adaptação. A partir de meados da década de 90, estas passaram a ser integradas na agenda política e, em 2001, foi aprovada uma Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas, que enquadró o desenvolvimento das políticas setoriais sobre esta matéria (UN, 2016).

Portugal assegurou com sucesso o cumprimento dos objetivos nacionais no âmbito do Protocolo de Quioto, fundamentalmente através da limitação de emissões de GEE em todos os setores da economia e do contributo das florestas e alterações ao uso do solo para o sequestro de carbono. As emissões nacionais abrandaram devido, quer ao aumento das fontes de energia renovável, quer ao aumento da eficiência energética. De acordo com o Relatório Nacional das Nações Unidas, Portugal é o 4º país com melhor desempenho em matéria de ação climática, numa lista de 58 países que, no total, são responsáveis por mais de 90% das emissões totais de GEE (UN, 2016).

É de destacar, no contexto da urbanização e desenvolvimento urbano sustentável, o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), aprovado em 2004 e revisto em 2006 e 2008 e a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC), aprovada em 2010. O país inovou na criação do Fundo Português de Carbono (FPC), um instrumento financeiro direcionado ao apoio à implementação de ações climáticas. Merece ainda destaque o projeto ClimAdaPT.local, que visa desencadear um processo contínuo de elaboração de estratégias

municipais de adaptação às alterações climáticas, através da capacitação dos municípios (UN, 2016).

Segundo a Estratégia Local para as Alterações Climáticas (ELAC) de Almada, de forma a alcançar o nível de uma *Smart City*, resiliente e sustentável, é preciso seguir algumas diretrizes estratégicas, como:

- a **adaptação** do território às alterações climáticas através de soluções de planeamento que garantam a resiliência de todos os sistemas (naturais, urbanos, sociais e económicos);
- a **contenção** do crescimento urbano disperso e difuso, privilegiando as áreas expectantes urbanizáveis;
- a **valorização** da qualidade ambiental e paisagística, enquanto elemento potenciador da qualidade de vida, garantindo a sua continuidade natural e consolidando a EEM;
- o incentivo à **participação ativa** dos cidadãos e da sociedade civil, tendo em vista a formulação de uma estratégia coletiva para a gestão sustentável do território (Freitas, 2014).

Assim, o desenvolvimento da componente de adaptação da ELAC de Almada tem como principal objetivo aumentar a resiliência do concelho em vários domínios, como os recursos hídricos, os ecossistemas costeiros, a biodiversidade, os serviços urbanos da água, a agricultura e alimentação, os ambientes construídos, as atividades económicas, o turismo e lazer, a saúde humana e a segurança de pessoas e bens. A garantia do bem-estar da população e da qualidade ambiental do território deve basear-se numa análise profunda das suscetibilidades e dos impactes provocados pelas alterações climáticas nestes diferentes domínios, muitas vezes interrelacionados (CMA, 2011a).

Não obstante os progressos, Portugal é um país muito vulnerável às alterações climáticas e, quer o expectável aumento da perigosidade, quer o aumento da vulnerabilidade decorrente de opções de planeamento menos acertadas, impõem a necessidade de continuar a fazer esforços nesta matéria (UN, 2016).

3.3.2 Adaptação às alterações climáticas

“Adaptação” – ajustamento dos sistemas naturais, ou humanos, como resposta a estímulos climáticos verificados ou esperados, que moderam danos ou exploram oportunidades benéficas. – IPCC (2007).

O desenvolvimento de uma economia de baixo carbono exige a identificação e implementação de políticas e medidas custo-eficazes que são capazes de realizar essa transição com os menores custos para a economia, promovendo simultaneamente o crescimento e o emprego. Assim, o PNAC 2020/2030 estabeleceu um conjunto de metas setoriais e opções de políticas e medidas para o horizonte 2020/2030, que podem contribuir para alcançar uma meta de -18% a -23% em 2020 e de -30% a -40% em 2030, relativamente ao ano de 2005 (APA, 2015).

Tendo em conta o âmbito da dissertação, as medidas de Baixo Carbono sugeridas no PNAC 2020/2030 (APA, 2015), no contexto das *Cidades Sustentáveis*, relativamente ao “*Ordenamento do Território e Urbanismo*” têm o objetivo de conter os perímetros urbanos, limitar a impermeabilização dos solos, minimizar a emissão de GEE e intensificar a sua remoção por sumidouros. Para atingir este objetivo, as medidas propostas passam por:

- Evitar a conversão de zonas verdes e a subsequente impermeabilização da sua superfície;
- Apostar na reutilização de zonas já construídas, por exemplo, antigos terrenos industriais;

- Apostar na implementação de abordagens específicas que tenham em conta os recursos não utilizados a nível local, como por exemplo a existência de edifícios devolutos;
- Apoiar a execução de operações de reabilitação e regeneração do tecido edificado em detrimento de novas construções.

Quanto às medidas de baixo carbono sugeridas no PNAC 2020/2030 (APA, 2015) relativamente ao “*Planeamento, Gestão e Ambiente Urbano*”, ainda no contexto das *Cidades Sustentáveis*, estas pretendem regenerar e revitalizar os centros urbanos, tendo em conta critérios de sustentabilidade:

- Promoção da componente funcional, incluindo a diversificação e reforço da oferta de serviços e comércio de proximidade, potenciando assim hábitos e padrões de mobilidade sustentável;
- Promoção da reabilitação urbana através da introdução de soluções de energias renováveis nos edifícios, bem como de soluções construtivas que permitam maior eficiência energética e melhoria do conforto térmico;
- Promoção da sustentabilidade energética no espaço público e sistemas urbanos, incluindo a eficiência energética da iluminação pública e dos sistemas urbanos de água e saneamento;
- Promoção da agricultura urbana, através da criação de espaços próprios a esse efeito;
- Extensão, qualificação e integração de espaços verdes urbanos potenciando o seu papel enquanto sumidouros de carbono e reguladores microclimáticos urbanos.

No relatório da EEA (2016), são propostos dois conceitos para definir as medidas de adaptação, que são:

- Medidas de **adaptação incremental** – consiste na extensão e/ou adição de ações que são normalmente tomadas para reduzir as perdas, ou melhorar os benefícios, da variabilidade climática e de eventos extremos. Consiste, portanto, numa adaptação menos radical. Pode incluir o aumento das defesas já existentes contra inundações; a modificação dos sistemas de alerta de eventos meteorológicos extremos; aumento da capacidade de abastecimento de água, através do aumento do tamanho ou do número de reservatórios, ou pela diminuição da procura.
- Medidas de **adaptação transformacional** – são formas de utilizar o comportamento e a tecnologia para mudar as componentes biofísicas, sociais ou económicas de um sistema, não necessariamente de forma irreversível; a adaptação transformacional pode ser positiva, em termos de ganhos, ou negativa, em termos de perdas ou por se atingir os limites possíveis de adaptação. Este tipo de medidas tem em vista os resultados a longo prazo e faz uso de uma abordagem sistémica para o planeamento e implementação.

Na Figura 3.8 é possível observar a exemplificação da abordagem incremental e transformacional, em resposta aos desafios impostos pelas alterações climáticas. Como se pode constatar pela figura, a opção correspondente a “acomodação” (*coping*), apenas traz benefícios a muito curto prazo, que se reduzem a zero a cada novo desastre, trazendo custos elevados ao longo do tempo. A abordagem “incremental” funciona bem dentro de certos níveis de risco, trazendo benefícios estáveis ao longo do tempo, mas, níveis de risco mais elevados exigirão medidas adicionais. A abordagem “transformacional” necessita de alguma preparação, tempo e esforços no início, mas, de seguida, os benefícios aumentam de forma regular e estável, mesmo que passe a ser necessário amortecer níveis de risco extremamente altos (EEA, 2016).

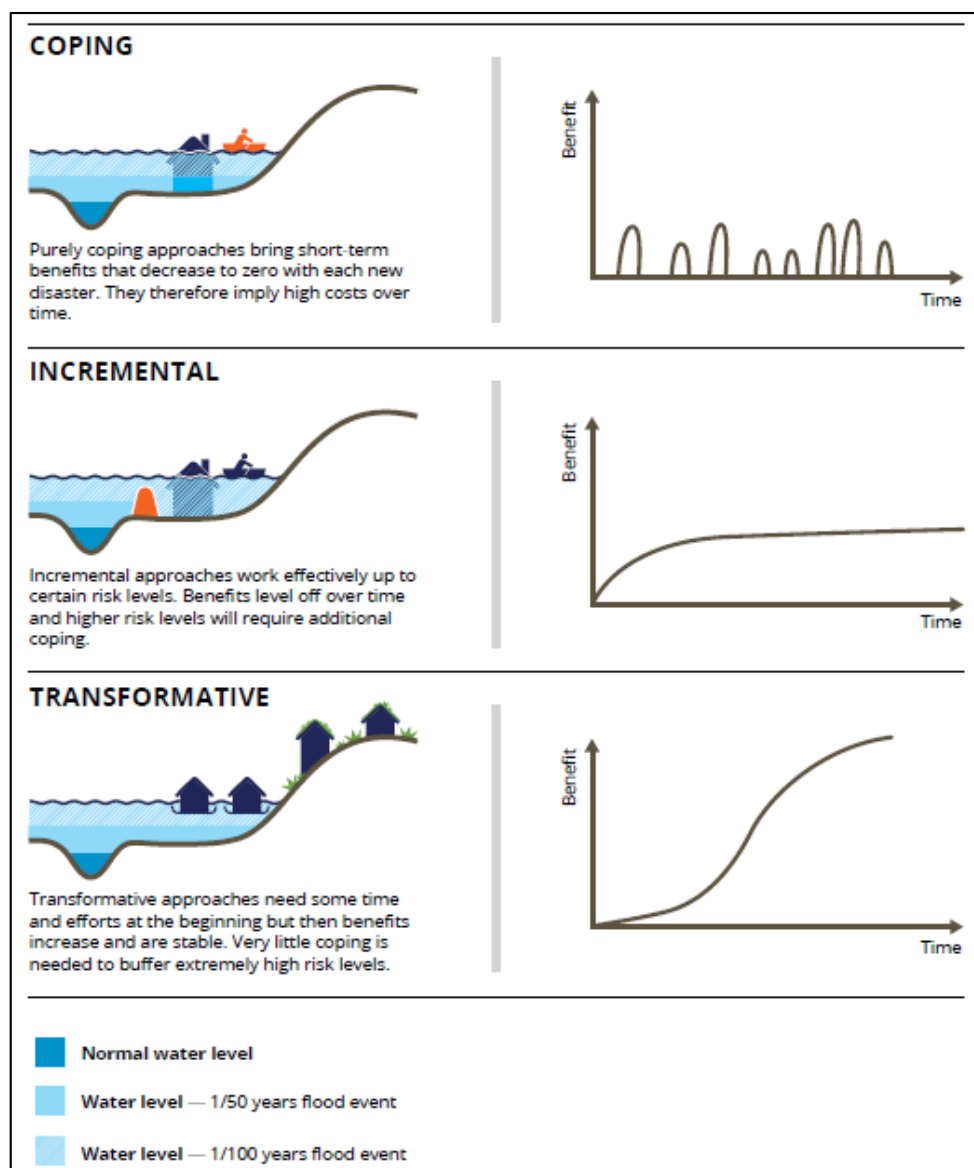


Figura 3.8 - Exemplo de diferentes abordagens de adaptação (incremental e transformacional) e os benefícios para diferentes níveis de água devido a inundações. (Fonte: EEA, 2016, p. 28)

De seguida, na Tabela 3.1, vêm apresentadas algumas medidas de como lidar com os desafios das alterações climáticas, segundo uma abordagem incremental – otimizando as medidas convencionais – e transformacional – lidando com o desafio de uma forma diferente (EEA, 2016).

Tabela 3.1 - Exemplos de medidas de adaptação às alterações climáticas, segundo as abordagens incremental e transformacional. (Fonte: baseado em EEA, 2016, p. 35)

Desafio	Medidas incrementais (extensão de ações que já são normalmente tomadas)	Medidas transformacionais (implica a mudança de comportamentos e uso de tecnologia)
Inundações (aumento de precipitações intensas e da intensidade de cheias e inundações)	<ul style="list-style-type: none"> - Construir diques e comportas; - Reforçar diques existentes; - Bombear água para fora; 	<ul style="list-style-type: none"> - Criar zonas de retenção e armazenamento de água (coberturas verdes, reservatórios e <i>rain gardens</i>); - Reutilizar a água da chuva para outras atividades (e.g. rega de quintais e lavagem de carros);

A Tabela 3.1 continua na pág. seguinte

Desafio	Medidas incrementais (extensão de ações que já são normalmente tomadas)	Medidas transformacionais (implica a mudança de comportamentos e uso de tecnologia)
	<ul style="list-style-type: none"> - Criar comportas em edifícios; - Aumento da capacidade de abastecimento de água; - Melhorar o sistema de drenagem de águas residuais e pluviais; - Incentivo a programas de conservação do solo e da água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzir a impermeabilização do solo para permitir a drenagem natural; - Renaturalizar linhas de água para melhorar a retenção e diminuir a velocidade de escoamento da água; - Sobrelevar infraestruturas; - Remover infraestruturas situadas em locais de máxima infiltração e potencialmente inundáveis; - Proibir construções em leitos de cheia e definir áreas de proteção contra cheias e inundações; - Criar edifícios e infraestruturas flutuantes; - Criar infraestruturas que possam ser inundadas temporariamente sem danos (pisos térreos e caves).
Variações térmicas extremas (aumento da temperatura, vagas de calor e de frio)	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria das condições de ar condicionado; - Criação de sistemas de alerta de eventos térmicos extremos (vagas de calor ou frio); - Equipar os serviços de urgências. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alterações no <i>design</i> da cidade: arrefecimento devido ao <i>greening</i> (integração de elementos ecológicos /soluções verdes), criação de corredores de ventilação e promoção dos espaços públicos abertos; - Alterações no <i>design</i> dos edifícios: instalação de coberturas verdes, arrefecimento passivo por isolamento, sombreamento ou ventilação natural; - Alterações no comportamento: trabalhar nas horas de menor calor, frequentar locais frescos, beber muita água e diminuir a atividade física.

Na Figura 3.9, encontram-se descritos alguns impactos das alterações climáticas, esperados para cidades da Europa do Sul, bem como vários exemplos de medidas de adaptação correspondentes a cada tipo de impacto.

	Impactes esperados		Medidas de adaptação
Carga Térmica	Aumento da temperatura	Seleccção do solo para urbanização/ Desenho urbano	Aumentar o número e a área de espaços verdes, incluindo telhados verdes
	Aumento Vagas de Calor		Aumentar o número de árvores nas ruas
	Diminuição Vagas de Frio		Criar telhados azuis e extensões de água
			Promover espaços públicos abertos
		Manter corredores de ventilação	
		Infra-estruturas	Criar sistema de alerta de vagas de calor
			Equipar serviços de urgência
Água	Redução da precipitação anual	Seleccção do solo para urbanização	Adequar a ocupação do solo às necessidades de infiltração e captação de água
	Aumento das precipitações intensas		Renaturalizar rios para melhorar retenção de água
	Diminuição da disponibilidade de água	Desenho urbano	Definir áreas de protecção contra cheias e inundações
	Diminuição do escoamento dos rios		Proibir a construção em leitos de cheia
	Diminuição da qualidade da água	Infra-estruturas	Implementar sistemas alternativos de armazenamento da água da chuva e pluviais
			Instalar reservatórios para captação da água da chuva
	Aumento do número e intensidade de cheias e inundações	Outras	Impor limites à utilização de recursos hídricos em situações específicas
			Melhorar o sistema de escoamento de águas pluviais e de drenagem de águas residuais
	Aumento do número e intensidade de secas		Promover a substituição de equipamentos e técnicas com base no grau de eficiência
			Promover a reutilização de água para diversas actividades
Poluição / Saúde	Aumento da poluição atmosférica	Seleccção do solo para urbanização	Aumentar o número e a área de espaços verdes, incluindo telhados verdes
	Aumentar o número de árvores nas ruas		
	Aumento das doenças por vectores	Desenho urbano	Promover os transportes públicos, criar ciclovias e reduzir o acesso do automóvel
	Aumento das doenças relacionadas com poluição		Infra-estruturas
	Aumento da Mortalidade		

Figura 3.9 - Alguns impactos das alterações climáticas e exemplos de medidas de adaptação. (Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009).

Segundo o relatório do IPCC (2014), as medidas de mitigação e adaptação com efeitos mais positivos sobre a biodiversidade, criando uma situação de *Win-Win-Win*, são as medidas de “*Conservação da floresta*”, “*Plantação de árvores urbanas*” e “*Telhados verdes*”.

3.3.3 Constrangimentos à implementação de medidas de adaptação

Jefferies (2016) aponta como principais barreiras à adoção de medidas de adaptação:

- Os custos de capital – o facto de serem os promotores de um projeto a pagar pelo seu desenvolvimento faz com que estes não as queiram implementar, principalmente devido aos custos adicionais dos SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) – *Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável*; a indústria civil ainda possui uma fraca perceção relativamente a melhorias ambientais; falta de consciencialização, formação de profissionais e incerteza sobre a posse do bem a longo prazo;
- Manutenção e operação – os custos de manutenção não são uma novidade desta temática, pois qualquer obra necessita de manutenção. O que difere no uso de IV são as entidades responsáveis por essa manutenção e os custos. É uma preocupação principalmente a nível municipal;

- Inércia do sistema – a implementação de novas práticas e regulamentações exige a mudança de hábitos e atitudes, por parte das autoridades locais e por parte da população, o que é muitas vezes um processo moroso.

No estudo de Ziervogel *et al.* (2014), são identificados alguns contrastes interessantes entre a capacidade e as barreiras para a adaptação, ao nível das grandes cidades e dos municípios. As cidades têm, geralmente, os recursos necessários ao desenvolvimento de respostas de adaptação, mas são prejudicadas no campo da implementação devido à sua grande área e complexidade organizacional. Pelo contrário, os municípios, não têm os recursos humanos para realizar cuidadosamente o planeamento do seu território através de uma adaptação sistémica, mas, quando o conseguem, são mais bem-sucedidos na fase de implementação das medidas devido à sua natureza organizacional menos complexa e, porque os indivíduos a desempenhar funções têm uma boa rede de contacto entre si e, possivelmente, historial de trabalhos juntos.

Um dos maiores desafios apontados por Ziervogel *et al.* (2014), que o governo local pode enfrentar, é a falta de autoridade detida pelos Departamentos municipais dedicados a serviços ambientais.

3.4 O contributo dos espaços e infraestruturas verdes

Segundo Fadigas (1993) (referido em Gonçalves, 2010), entende-se por **espaços verdes** o conjunto de áreas livres revestidas de vegetação que exercem funções de proteção ambiental, integração paisagística, arquitetónica, e/ou de recreio. Estas áreas podem-se apresentar sob diferentes formas, como: parques e jardins urbanos, áreas de integração paisagística e de proteção de vias e infraestruturas urbanas, taludes e encostas revestidos de vegetação, vegetação marginal de cursos de água e lagos, sebes e cortinas de proteção contra o vento ou a poluição sonora, zonas agrícolas e florestais residuais no interior dos espaços urbanos ou urbanizáveis, entre outros.

As infraestruturas verdes podem, e devem, constituir uma parte integrante das áreas urbanas. O “*greening*” das cidades, contribui para a adaptação e mitigação dos efeitos das alterações climáticas devido ao arrefecimento do ar da área circundante e por fornecer habitats à vida selvagem, para além dos serviços prestados pelos ecossistemas (EC, 2009). Parques adequadamente projetados, jardins urbanos, coberturas e paredes verdes podem contribuir, não só para a preservação da biodiversidade em meios urbanos, como também como uma ferramenta de combate e adaptação aos efeitos das alterações climáticas (EC, 2016a). O uso de IV ajuda a reconectar áreas naturais existentes, melhorar a sua qualidade ecológica e a manter os ecossistemas saudáveis para que estes possam continuar a oferecer serviços valiosos à sociedade. As IV têm também um papel fundamental na prevenção de desastres naturais, por exemplo, as florestas que apresentam uma grande biodiversidade de espécies e que possuem a capacidade de absorver grandes quantidades de água, ajudam a reduzir o risco de inundações e deslizamentos de terra (EC, 2010).

O termo comumente mais usado para denominar o tipo de gestão de águas pluviais que se realiza tão próximo quanto possível da fonte é *SUDS*. Em geral, os elementos *SUDS* encarregam-se de uma ou mais das seguintes funções: infiltração, transporte, armazenamento, atraso ou evaporação da água e, têm como principal objetivo, reduzir a pressão no sistema de drenagem tradicional (Hoffmann *et al.*, 2015). Devido às grandes áreas de superfícies impermeáveis nas cidades, o escoamento de uma cidade é diferente do padrão de escoamento pré-urbanização. Na Figura 3.10, pode-se constatar o impacto da urbanização sob o tempo necessário para atingir o pico de fluxo. Assim, o escoamento numa cidade altamente urbanizada e coberta com pavimentação

impermeável irá resultar num escoamento muito elevado e rápido; já quando se considera áreas que são completa, ou parcialmente, concebidas com superfícies permeáveis, o escoamento máximo e total será menor e, o pico de fluxo é adiado, minimizando risco de inundação (Hoffmann *et al.*, 2015).

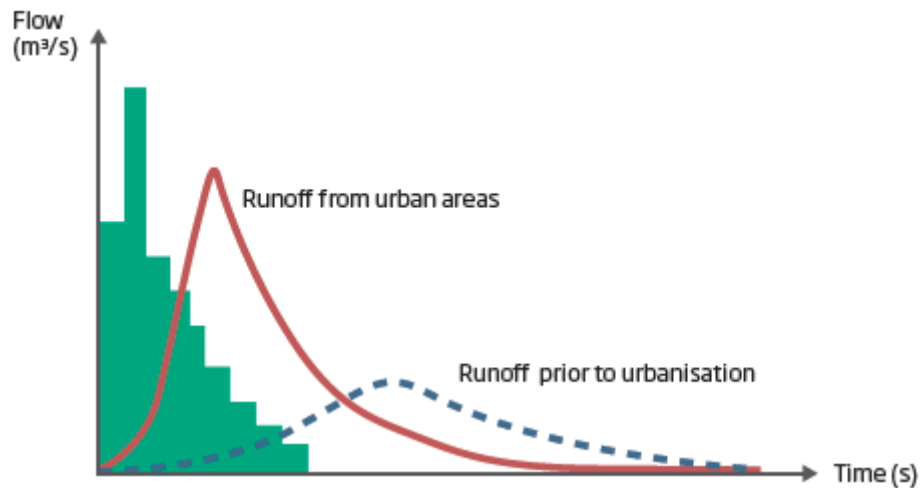


Figura 3.10 - Comparação do escoamento em áreas urbanizadas e áreas antes de sofrerem urbanização: pico máximo de fluxo atingido e tempo necessário para tal. (Fonte: Hoffmann *et al.*, 2015).

Com base na Figura 3.11, de Demuzere *et al.* (2014), há benefícios no uso de infraestruturas urbanas verdes que são relevantes em todas as três escalas (cidade, bairro, local), no entanto, dado a escala que a presente dissertação avalia (local), é de notar que os maiores benefícios são obtidos a nível de: “conforto térmico e redução do uso de energia”, “melhoria da qualidade da água”, “redução de problemas com inundações, de picos de fluxo e de secas” e, “benefícios para a saúde, capacidades sociais e individuais, educação”.

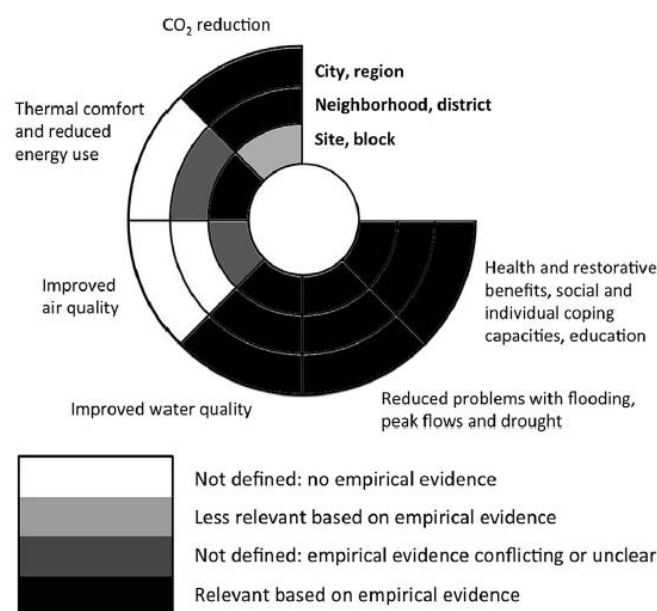


Figura 3.11 - Benefícios do uso de infraestruturas urbanas verdes na adaptação e mitigação às alterações climáticas em três escalas espaciais. (Fonte: Demuzere *et al.*, 2014).

Jardins de chuva

Relativamente ao setor hídrico, existem várias medidas de adaptação do meio urbano à água. Nos EUA e no Reino Unido, desde 1980 que se tem desenvolvido o conceito de *Rain Gardens*, ou *Jardins de Chuva*, procurando aliar a estética aos benefícios ecológicos de uma gestão equilibrada da água pluvial. Este tipo de IV consiste em ter jardins plantados em pequenas bacias pouco profundas, com o objetivo de recolher a água da chuva, filtrar alguns dos seus poluentes e favorecer a sua infiltração no solo, chegando a ser 30% mais eficiente que os comuns relvados (Saraiva, 2011). Normalmente, podem ser aplicados a nível de propriedades particulares e perto de edifícios, por exemplo, para infiltrar a água direcionada proveniente dos sistemas de drenagem de coberturas próximas (EC, 2015). No entanto, como é constatado por Saraiva (2011), é preciso ter em conta que este tipo de jardim é fruto das necessidades de escoamento da água de regiões com uma boa distribuição da precipitação ao longo do ano, como o Reino Unido. Assim, a sua aplicabilidade deve ser cuidadosamente pensada noutros contextos geográficos, como a bacia do Mediterrâneo, com um clima caracterizado por invernos suaves e chuvosos e um período estival quente e seco.

Recolha e armazenamento de água pluvial

A coleta e o armazenamento da água no local em que a chuva cai pode ser realizado através do uso de barris (também chamados de *rain barrels*), que recebem a água dirigida das coberturas por calhas e caleiras, ou tanques de armazenamento de água. A água recolhida por estes sistemas é usada, maioritariamente, nos jardins de habitações particulares, podendo também servir usos de água não-potável, como a lavagem de terraços ou de carros (EC, 2015).

Os benefícios apresentados são, principalmente, o armazenamento de água, a redução do risco de inundações e a diminuição do escoamento superficial. No entanto, uma das críticas a este sistema consiste no facto de este apenas poder ser usado durante o período de chuva e, os barris ficam rapidamente cheios, não havendo grande atenuação ou redução no volume de água escoada. Assim, a coleta e armazenamento de água no local devem ser considerados apenas como uma das

componentes de SUDS de controlo na origem, que deve ser complementada com outras soluções efetivas e sustentáveis de gestão da água (EC, 2015).

Pavimentos permeáveis

O uso de *pavimentos permeáveis*, ou a diminuição da área impermeabilizada, é uma das opções que além de promover uma maior infiltração da água no solo, acarreta ainda benefícios microclimáticos. Numa região de clima mediterrânico, este tipo de solução é eficaz no período de Inverno, pois é neste período que se concentra a maior taxa de precipitação. Assim, os cuidados a ter com esta solução passam pela escolha cuidada do material vegetal a usar, especialmente a nível de relvados, para que no período estival não sejam grandes consumidores de água. Uma boa solução a nível do revestimento herbáceo é o uso de prados, recorrendo a espécies anuais, que requerem uma menor frequência de rega e, menor manutenção (Saraiva, 2011).

Coberturas verdes

Outro sistema de adaptação muito eficiente no meio urbano consiste no uso de *coberturas verdes*. Estas coberturas não são apenas espaços ecológicos, mas também espaços de atividade económica, permitindo o cultivo de todo o tipo de vegetais (os pepinos são uma ótima opção por terem flor e incentivarem a polinização) e de ervas aromáticas (NassauSWCD, 2016).

As coberturas verdes destinam-se, principalmente a intercetar a água da chuva e diminuir a velocidade de escoamento devido à vegetação e à camada de drenagem existentes (EC, 2015). Estes sistemas são instalados na cobertura de edifícios e parques de estacionamento de forma a diminuir os tempos de concentração das águas pluviais. Na cobertura, a água fica temporariamente retida no solo, no entanto, esta solução não é por si só suficiente para uma gestão integrada das águas pluviais, porque parte da água é perdida por evapotranspiração e não existe uma infiltração efetiva que leve à recarga direta da toalha freática. A sua aplicação está sujeita a certas condições de forma a evitar situações de infiltrações de água no interior dos edifícios e uma boa drenagem destas estruturas, além de se ter ainda em conta a estrutura do edifício para suportar a carga extra do sistema. A escolha de plantas pode variar conforme a espessura de solo, podendo-se usar espécies que vão desde as herbáceas até às arbustivas (Saraiva, 2011).

A estruturação típica de uma cobertura inclui uma superfície de vegetação sobre um substrato (meio de crescimento), uma camada de manta geotêxtil e uma camada de drenagem de água. Todas as camadas devem assentar sob uma base de membrana impermeável e, ainda, uma camada de isolamento entre esta e a cobertura em si (EC, 2015).

As coberturas verdes, ou coberturas ajardinadas, podem ser implementadas de forma a providenciar uma cobertura intensiva ou extensiva.

- O método extensivo cobre toda a superfície da cobertura com plantas leves, de baixo crescimento e que necessitem de pouca manutenção, sendo o único acesso à cobertura para a devida manutenção. A vegetação típica consiste em plantas e ervas suculentas e tolerantes à seca (EC, 2015).
- O método intensivo corresponde a um ambiente construído, com maior detalhe, elevados benefícios e de fácil acesso para manutenção das plantas e árvores. Este tipo de cobertura impõe uma carga bastante superior sobre as estruturas e, requerem uma manutenção muito mais frequente, incluindo a necessidade de irrigação, adubagem e poda (EC, 2015).

Na Tabela 3.2 enumeram-se as principais diferenças entre coberturas ajardinadas intensivas e extensivas.

Tabela 3.2 - Características dos diferentes tipos de coberturas ajardinadas. (Fonte: adaptado de Pinto, 2014)

	Cobertura intensiva	Cobertura extensiva
Manutenção	Alta	Baixa
Altura do solo	Superior a 15 cm	Inferior a 15 cm
Peso	180 – 500 kg/m ²	60 – 150 kg/m ²
Tipo de vegetação	Plantas perenes, plantas herbáceas e árvores	Rasteiras
Densidade vegetal	Alta	Baixa
Rega	Regular	Não necessária
Custo	Elevado	Baixo
Acessibilidade	Frequente	Não acessível

Na Figura 3.12 e Figura 3.13 apresentam-se alguns exemplos de coberturas verdes extensivas e intensivas, respetivamente.



Figura 3.12 - Exemplos de coberturas ajardinadas extensivas: à esquerda, vista aérea da ETAR de Alcântara; à direita, condomínio de habitação social, em Londres. (Fonte: Pinto, 2014).



Figura 3.13 - Exemplos de coberturas ajardinadas intensivas: à esquerda, torre de escritórios ACROS Fukuoka, no Japão; à direita, *City Hall* de Chicago. (Fonte: Pinto, 2014).

Vantagens

A preocupação dos PDM das grandes cidades com o uso racional do solo é uma realidade e, o aumento das áreas verdes é um tema quase obrigatório. No entanto, o modelo e as necessidades atuais económicas divergem em determinados pontos no processo de se utilizar elementos naturais no processo de urbanização. A construção de parques urbanos e o incentivo para a manutenção de espaços verdes é atualmente uma realidade urbana, podendo este tipo de coberturas ser um elemento importante para arquitetos e engenheiros na resposta às necessidades

dos PDM e no planeamento de novos, e mais sustentáveis, processos de urbanização (Pinto, 2014).

Devido à clara valorização a nível privado, público e de mercado, a instalação de uma cobertura ajardinada facilita muitas vezes o processo de licenciamento junto das entidades oficiais, uma vez que potencia os espaços verdes nas cidades (Pinto, 2014). Para além da retenção de água pluvial, verifica-se também uma redução do efeito ilha de calor (a temperatura verificada sobre as coberturas verdes de Brooklyn é 10-20°C mais baixa que sobre as coberturas convencionais da mesma zona), melhora o isolamento do edifício melhorando a sua eficiência e diminui as necessidades de climatização (NassauSWCD, 2016). Algumas das vantagens identificadas, relativamente ao uso de coberturas verdes são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Vantagens identificadas no uso de coberturas verdes. (Fonte: adaptado de Pinto, 2014)

Vantagem	Efeito
Aumento da durabilidade da cobertura	Estas coberturas têm uma duração expectável bastante elevada, de 50 a 100 anos, quando comparada com as coberturas convencionais, 20 a 30 anos (Neoturf, <i>s.d.</i>). O sistema das coberturas ajardinadas protege as membranas das coberturas de extremas flutuações de temperatura e do impacto da radiação ultravioleta. Numa cobertura convencional, verificam-se amplitudes térmicas superiores a 100°C durante um ano e de 50°C ao longo do dia; numa cobertura verde, as camadas de terra vegetal e as plantas diminuem os diferenciais de temperatura registados para 35°C durante o ano e 15°C ao longo do dia.
Isolamento acústico	A camada de terra vegetal é responsável pelo isolamento das baixas frequências e, as plantas e vegetação, pelo isolamento das altas frequências. Um telhado com cobertura extensiva pode atenuar até 40 dB e um telhado com cobertura intensiva pode atenuar até 50 dB.
Conforto térmico	No verão, as plantas das coberturas ajardinadas reduzem o aquecimento provocado pela radiação solar na cobertura. Esta situação permite que haja um arrefecimento global da cobertura, levando a um decréscimo na energia utilizada no arrefecimento do edifício. No Inverno, o isolamento térmico proporcionado pela camada de terra vegetal, permite uma diminuição da energia necessária ao aquecimento do edifício.
Resistência ao fogo	Retarda a propagação do fogo através, ou para a cobertura, devido à capacidade de armazenamento e de saturação em água, tornando-a mais resistentes ao fogo.
Usos de recreio e lazer	Por exemplo, para criar hortas urbanas de agricultura biológica, onde são cultivados alimentos de alta qualidade, flores ornamentais e até mesmo plantas medicinais.
Aumento da retenção de água	Uma cobertura verde pode reter até 80% da precipitação. Como consequência disso, reduz o escoamento superficial e melhora o funcionamento dos sistemas de drenagem municipais. Dependendo da espessura da camada e do tipo de vegetação adotados, as coberturas ajardinadas poderão reduzir o escoamento superficial de 50% a 90%, diminuindo desta forma a quantidade de água que entra nos sistemas de drenagem públicos.
Redução de GEE e do aquecimento global	A camada de terra vegetal e as plantas provocam o fenómeno da evapotranspiração, reduzindo a temperatura ambiente e gerando um efeito de refrigeração nas imediações do edifício, permitindo que se reduza significativamente o uso de ar condicionado no interior do edifício, com a consequente redução da emissão de gases poluentes.
Criação de habitats para plantas e animais	As coberturas extensivas promovem uma biodiversidade extraordinária, albergando uma enorme variedade de plantas sensíveis, abelhas e borboletas selvagens e espécies de pássaros que vivem ao nível do solo.

Desvantagens

Algumas das desvantagens apresentadas por este tipo de infraestrutura verde são os seus maiores requisitos estruturais (alguns edifícios existentes não estão aptos a suportar o peso do solo e da vegetação), a necessidade de contratar mão-de-obra especializada e o facto de que uma má execução da cobertura pode levar à ocorrência de problemas de humidade e/ou infiltrações. De acordo com a capacidade estrutural do edifício pode-se ter um jardim de vegetais completo, ou apenas plantas ornamentais. Como complemento, pode-se implementar um espaço dedicado à apicultura de forma a produzir e vender mel, uma prática que se torna cada vez mais comum nas coberturas empresariais dos arranha-céus de Nova Iorque (NassauSWCD, 2016).

Ainda assim, a principal desvantagem ainda apresentada pelas coberturas verdes é o investimento inicial elevado que estes requerem, podendo custar entre 100 a 200 €/m² dependendo de vários fatores, como o local e o tipo de projeto pretendido (Neoturf, *s.d.*). Os principais fatores que influenciam os custos são o tamanho do teto, parede ou fachada, o desenho e o tipo de materiais utilizados (necessidade de reforço estrutural, volume de crescimento de substrato e componentes utilizados na mistura, tipo de vegetação, entre outros) e os requisitos de manutenção contínua (irrigação, poda, fertilizantes) (DEPI, 2014).

Valas cegas

Por último, Saraiva (2011) refere as *valas cegas* (designadas por *swales*, em inglês), canais não impermeabilizados e revestidos com material vegetal que temporariamente armazenam a água vinda por caleiras ou por escoamento superficial. Desta forma, parte da água infiltra-se no solo e outra parte evapora-se, diminuindo-se o escoamento e aumentando o tempo de concentração. A sua utilização é muito vasta, podendo ser instalados em passeios, parques de estacionamento, jardins, logradouros e até mesmo em autoestradas, sempre de maneira a promoverem a infiltração e a fitoextração de poluentes.

Ruas arborizadas

Quanto às *ruas arborizadas*, as árvores de copa densa fornecem particularmente bom sombreamento, o que significa que as árvores de folha larga são geralmente mais eficazes do que árvores de folha de agulha (Leuzinger *et al.*, 2010 & Lin Lin, 2010, referido em Norton *et al.*, 2015). No entanto, as árvores que fornecem uma sombra maior nos dias quentes de verão devido ao tamanho da sua copa, são também responsáveis por reter o calor sob a copa à noite (Spronken-Smith & Oke, 1999, referido em Norton *et al.*, 2015). Para minimizar este efeito de aprisionamento de calor, as árvores de rua não devem formar uma cobertura contínua, de forma a permitir a ventilação (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003 & Spronken-Smith & Oke, 1999, referido em Norton *et al.*, 2015).

Num estudo desenvolvido por Liu, Chen & Peng (2014), foi desenvolvido um modelo de simulação à escala comunitária de forma quantificar a eficácia das IV na redução do volume e do pico de fluxo durante um evento de inundação urbana. Assim, foram considerados cinco cenários para uma comunidade urbana em Pequim: a expansão do espaço verde, converter espaços verdes em zonas côncavas, construir uma estrutura de retenção de escoamento, converter o pavimento em tijolo poroso permeável e, uma combinação das quatro medidas anteriores. Os resultados das simulações mostraram que, as superfícies impermeáveis representam o maior contributo para os escoamentos superficiais de água e, o uso integrado de IV apresentou uma boa percentagem de redução, de 100-85,0% na redução do escoamento superficial e de 100-92,8% de redução do pico de fluxo.

Convencionalmente, a água da chuva é detida e transportada através de sistemas de drenagem canalizados. No entanto, as abordagens convencionais já não conseguem acomodar os aumentos dos fluxos de volume de água das enxurradas causadas pelo desenvolvimento e crescimento do meio urbano (Chen *et al.*, 2013, 2014, como referido em Liu *et al.*, 2014). Deste modo, nos últimos anos, as IV têm sido amplamente utilizadas em muitas cidades dos EUA e no Reino Unido, Canadá, Alemanha e Nova Zelândia de forma a mitigar as inundações urbanas (Ahiablame *et al.*, 2012, como referido em Liu *et al.*, 2014).

O desempenho e os benefícios hidrológicos das IV foram mostrados em numerosos estudos, por exemplo, o estudo de Alfredo *et al.* (2009), referido em Liu *et al.* (2014), verificou que as coberturas verdes podem atrasar e prolongar a descarga de água, reduzindo a sua taxa de pico cerca de 30-78% relativamente a uma superfície convencional. Outro estudo, realizado por Dreelin *et al.* (2006), referido em Liu *et al.* (2014), mostrou que o uso de pavimentos permeáveis reduz cerca de 93% do escoamento superficial e, apresenta bons resultados quando usado para controlar pequenas tempestades (altura da água inferior a 2 cm). Chapman & Horner (2010), referido em Liu *et al.* (2014), relatou que a instalação de uma estrutura de retenção de água ao largo de uma rua em Washington, pode atingir valores de 26-52% de retenção do escoamento, sob condições reais. Qin *et al.* (2013), referido em Liu *et al.* (2014), concluiu que o uso de valas, pavimentos permeáveis e coberturas verdes são mais eficazes na redução do risco de inundações durante tempestades mais intensas e de curta duração do que os sistemas de drenagem convencional.

Num estudo realizado na África do Sul, por Ziervogel *et al.* (2014), no setor agrícola, as abordagens participativas e os projetos de adaptação que envolvem diretamente as partes interessadas (*stakeholders*) têm-se demonstrado como as mais eficazes na delineação de planos de adaptação localmente relevantes para a agricultura e gestão da água. Tanto os agricultores individuais, como as associações de agricultores mostraram-se partes bastante interessadas nas novas descobertas relativas a AC. Fazendo uso da “*sabedoria popular*”, muitos agricultores fizeram a sua própria adaptação, por exemplo, no Cabo ocidental, os pomares de maçã foram substituídos por vinhas, que são mais tolerantes a temperaturas elevadas; já no Cabo sul, os agricultores comerciais alteraram os seus campos de cultivo para campos de pastagem, e aumentaram as suas capacidades de armazenamento de água, numa estratégia de prevenção e adaptação a alterações futuras.

No setor privado, uma resposta adaptativa inovadora foi a adotada pela empresa de seguros a curto-prazo, *Santam*. A empresa notou um aumento nos gastos com seguros, associado a eventos climáticos extremos, principalmente incêndios, inundações e tempestades. *Santam*, ao invés de aumentar os valores dos seguros aos seus clientes, decidiu embarcar num projeto-piloto para avaliar a paisagem e definir medidas para reduzir tais riscos (Ziervogel *et al.*, 2014).

3.4.1 Benefícios ambientais

Os espaços verdes, para além de atenuarem o efeito da *ilha de calor*, contribuem para:

- **regulação da temperatura** – a vegetação, especialmente caducifólia, controla as radiações solares que atingem a superfície terrestre, permitindo diminuir o aquecimento das superfícies construídas criando zonas de sombra no Verão, e à perda das folhas no Inverno que permite reduzir o arrefecimento, devido ao aumento da área de incidência das radiações e consequente aumento da temperatura e da luminosidade. Segundo Magalhães (2001) (referido em Gonçalves, 2010), a temperatura do ar sobre a vegetação chega a ser, nas horas de maior calor no Verão, 10-14°C mais baixa do que sobre o solo nu;

- **purificação do ar**, através da fixação de poeiras pela vegetação (retenção até 85% das partículas e 70% das poeiras em suspensão) (Gonçalves, 2010);
- **proteção do solo contra a erosão eólica e hídrica** – a vegetação serve de barreira física contra o vento, diminuindo a sua intensidade e fixando o solo através do seu sistema radicular; pode ser utilizada para criar canais de vento numa determinada direção, estimular a filtragem, reduzir a intensidade e proporcionar zonas de abrigo (Ganho, 1996, referido em Gonçalves, 2010). Quanto à erosão hídrica, a cobertura vegetal contribui para a diminuição do impacto das gotas de chuva no solo, que se agrava com o aumento do declive das vertentes e conduz à degradação do solo (Pedrosa, 1993, referido em Gonçalves, 2010);
- **proteção contra o ruído**, por exemplo, de vias muito movimentadas e instalações industriais. As áreas verdes têm um elevado poder de absorção das ondas sonoras, sendo este efeito tanto mais eficaz quanto maior for a densidade do espaço verde ao longo da espessura da banda protetora (Gonçalves, 2010);
- **aumento da humidade absoluta**, em consequência da maior disponibilidade de água e do incremento da evapotranspiração, ajuda a melhorar o microclima da zona devido à capacidade de termorregulação da vegetação (Ganho, 1996, referido em Gonçalves, 2010);
- **diminuição do escoamento superficial** tanto em quantidade como em velocidade, evitando o arrastamento de diferentes elementos constituintes do solo e aumentando o volume de água infiltrada. Esta característica contribui para a diminuição do risco de ocorrência de cheias, aliviando a capacidade de carga do sistema urbano de escoamento de águas pluviais e retarda o pico de fluxo das linhas de água (Gonçalves, 2010);
- **aumento da biodiversidade** nas cidades, por constituírem importantes habitats de fauna e flora. Os espaços verdes contribuem não só para o correto funcionamento dos ecossistemas em espaços urbanos, mas também para o bem-estar da população citadina. Num estudo desenvolvido na área metropolitana de Nova Iorque, 73% dos residentes mostraram interesse na existência de vida selvagem nos seus pátios interiores (Nowak, 2001, referido em Gonçalves, 2010);
- **saúde da população** – um estudo efetuado no Centro Médico da Universidade de Vrije, Amsterdão no qual, foram analisados cerca de 350 mil habitantes que moravam nas imediações de jardins, parques e outros espaços arborizados, revelou que estes apresentavam menos doenças do que os habitantes de áreas mais distantes de espaços verdes. Em relação à saúde mental, verificou-se que os habitantes de locais que num raio de 1 quilómetro tinham 10 % da área ocupada por espaços verdes, a taxa de perturbações de ansiedade era de 26/1000 habitantes, enquanto que, nos locais que tinham 90% da área arborizada, estes valores passavam para 18/1000 habitantes. Em relação à saúde física, comprovou-se que quem vive perto de áreas verdes apresenta menos patologias respiratórias como asma, doença pulmonar obstrutiva crónica e infeções respiratórias do trato superior. O estudo revelou também, ainda que com menor impacto, uma menor taxa de doenças cardiovasculares, diabetes e cancro nos habitantes de áreas urbanas rodeadas por zonas verdes.

3.4.2 Benefícios económicos

“É pois, o momento do desenvolvimento urbano deixar de ser ditado exclusivamente pela componente económica, que desde os anos 60 vem liderando o processo e que, com recurso à utilização de novos processos operativos de planeamento urbano, se passem a promover ações enquadradas nos princípios do desenvolvimento sustentável. (...) O novo

processo de planeamento urbano tem de garantir de forma eficaz a melhoria da qualidade de vida das populações.”

– Amado (2007).

Tanto as medidas de adaptação, como as de mitigação, têm um custo associado. No entanto, estudos económicos revelam que, à medida que as manifestações das alterações climáticas se agravam, os custos da inação superam em grande medida os custos da adaptação prévia, o que permite esperar um benefício líquido significativo a médio/longo prazo (Alcoforado *et al.*, 2009), como se pode constatar pela análise da Figura 3.14.

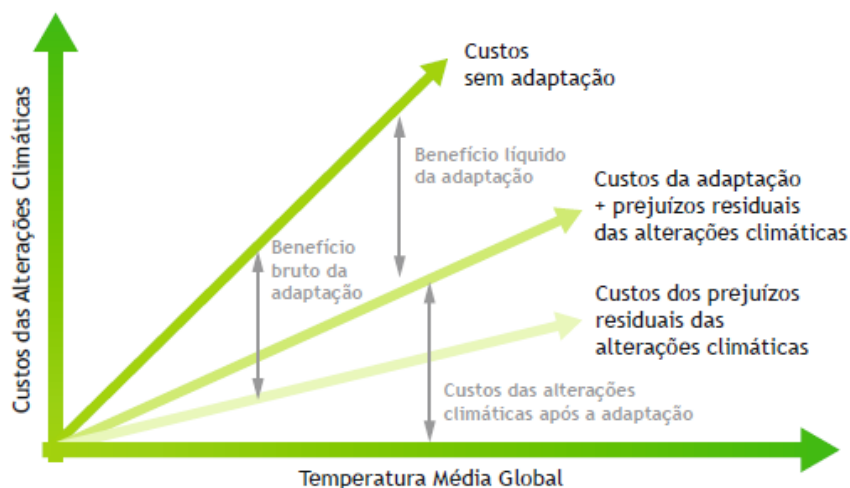


Figura 3.14 - Relação entre os custos de adaptação e os efeitos das alterações climáticas. (Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009).

Numa abordagem mais “cinzenta” e convencional, no relatório HIDRA (2012), são apresentadas as estimativas dos custos de investimento associados à construção e reabilitação de infraestruturas. De modo geral, o conjunto de soluções previstas no PED-Almada, tendo em atenção os estudos já elaborados, as taxas de atualização e os custos de construção civil e equipamento, espera-se que seja necessário um investimento total de cerca de 27 milhões de euros (período 2012-2017), repartidos entre drenagem doméstica e pluvial. Só o sistema de drenagem pluvial requer um investimento de, aproximadamente, 13 milhões de euros, no mesmo período, aos quais ainda se deverá somar o custo de respetivos estudos, planos e projetos necessários.

Face a diversas situações, pode tornar-se difícil a avaliação do valor dos serviços prestados pelos ecossistemas, sendo que este depende da sua contribuição para o bem-estar humano. Os custos associados à perda da biodiversidade e à alteração dos ecossistemas podem ser representados pelos custos associados à perda dos serviços que proporcionam, o que pode refletir-se, por exemplo, no preço de produtos alimentares não produzidos pelos ecossistemas, pelo custo da recuperação face a desastres ambientais resultantes da fraca resiliência dos sistemas, o custo de prevenção de pragas, o custo da purificação artificial da água, entre outros (CMA, 2011b).

Os múltiplos benefícios proporcionados pelos espaços verdes urbanos, revelam que estes são uma componente urbana que contribui não só para a qualidade ambiental na cidade, como também para a qualidade de vida da sociedade. Torna-se, no entanto, difícil de estimar concretamente quais benefícios económicos advindos destes, visto que, estes benefícios não são comercializáveis e têm de ser encarados como um bem público (Tryvainen *et al.*, 2005, referido em Gonçalves, 2010). Contudo, segundo a EC (2010), o investimento feito numa infraestrutura verde apresenta-

se vantajoso economicamente, pois a manutenção da natureza, por exemplo como medida de adaptação e mitigação dos efeitos negativos das alterações climáticas, é muito mais rentável do que a opção de substituir estes serviços recorrendo a soluções tecnológicas inovadoras.

Um estudo realizado em 2005, no Reino Unido, pela CJConsulting afirma que uma forma de analisar os benefícios económicos derivados da presença de espaços verdes no meio urbano, trata-se de quantificar os benefícios relacionados com a saúde mental e física. Este estudo começa por referir que, o custo da inatividade física e o sedentarismo em Inglaterra, estima-se em 10,7 mil milhões de libras esterlinas por ano para o governo, sendo as prioridades do Departamento de Saúde Pública promover o aumento da prática de exercício físico, reduzir a obesidade e melhorar a saúde mental. Como se verificou, os espaços verdes urbanos podem contribuir para alcançar estes objetivos, reduzindo assim os custos na saúde pública (Gonçalves, 2010).

Outra forma de analisar os benefícios económicos, e que se verifica mais palpável e mensurável, é o valor atribuído ao imobiliário. Um imóvel com vista para um espaço verde, ou que esteja nas suas imediações, tem um valor acrescido por se considerar uma mais-valia da propriedade. De facto, um estudo realizado em 2000 na Finlândia, por Tyrvainen e Miettinen, demonstrou que o valor de um imóvel decresce 6% a cada quilómetro que se afasta da área verde urbana (Gonçalves, 2010).

Um estudo realizado pelo Departamento de Transportes da cidade de Nova Iorque (2012) constatou que as vendas de retalho aumentaram 172% após um triângulo de estacionamento ser convertido numa praça pedonal, em Brooklyn.

Uma pesquisa mais específica focada no uso de coberturas verdes mostra poupanças monetárias consideráveis ao comparar o valor presente líquido de uma cobertura verde contra a de materiais de cobertura convencionais, devido ao aumento da longevidade da cobertura, dos benefícios para a qualidade do ar, a diminuição no escoamento de águas pluviais e, as reduções no consumo energético dos edifícios (Clark *et al.*, 2008 & Niu *et al.*, 2010, referido em Jones & Somper, 2014).

3.5 Casos de estudo no panorama nacional e internacional

Neste capítulo pretende dar-se a conhecer vários casos de estudo que recorreram a infraestruturas verdes como forma de adaptação do território às alterações climáticas, sempre na ótica de atingir uma gestão urbana sustentável e de forma a tornar o território mais resiliente. De entre os inúmeros casos ponderados, são de seguida apresentados alguns, principalmente com recurso a sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) e ao uso de coberturas, valas vegetadas (*bioswales*) e outras infraestruturas verdes.

A seleção dos casos de estudo apresentados de seguida teve como critérios base, o uso de boas práticas no âmbito a estudar e, que recorram ao uso de infraestruturas verdes como meio de adaptação às alterações climáticas. Pretendeu-se abordar casos com naturezas bem diferentes na sua origem urbana e, igualmente, abordar casos com abordagens urbanas diferentes ao nível de planeamento técnico e de envolvimento comunitário.

A Suíça, desde os anos 70, que se tem apresentado como um país líder no que diz respeito à incorporação de aspetos ecológicos nas suas infraestruturas urbanas, dando mais ênfase às coberturas verdes, onde a vegetação é plantada de forma a criar habitats para a vida selvagem. A cidade de Basel, por exemplo, possui a maior área de coberturas verdes *per capita* do mundo, já tendo originado iniciativas semelhantes por todo o continente (Knight, 2016).

- *Nacional*

Tamera, Portugal – (EC, 2014a)

A Ecovila de Tamera, em Odemira, é uma comunidade de 190 residentes permanentes (e mais de 100 habitantes não-permanentes) que vivem numa propriedade no sul de Portugal (Monte do Cerro, concelho de Odemira). O clima em Odemira é típico de uma zona quente temperada seca, com uma precipitação média de 1065 mm/ano e uma temperatura média de 14,5°C.

A solução projetada e implementada neste local consiste na criação de "paisagens de retenção de água", através das seguintes medidas: reflorestação e plantação de vegetação mista de cobertura do solo, gestão holística de zonas de pastoreio, design inovador, valas e, a medida mais comum, a construção de espaços de retenção de água sob a forma de lagos e lagoas descentralizados.

O projeto implementado foi finalista no desafio *Buckminster Fuller 2012* e ponderado no âmbito de dois Projetos de Investigação Europeus, sendo considerado como uma estratégia inspiradora e eficaz, à escala local, na adaptação às alterações climáticas. A medida mais comum aplicada no âmbito desta prática foi a construção de espaços de retenção de água da chuva na forma de lagos e lagoas descentralizados, isto é, lagos e lagoas artificiais permanentemente interconectados, com o intuito de reter a água da chuva sem recorrer a estruturas de betão/plástico e com uma barragem natural. Esta prática é cada vez mais estudada devido ao seu potencial de replicabilidade.

Alguns dos benefícios diretos registados após a implementação do projeto foram:

- Diminuição do escoamento da água pluvial, reduzindo a ocorrência de inundações a jusante;
- Aumento da biodiversidade (conservação da biodiversidade e do habitat). No local, foram plantadas mais de 10 000 árvores, florestando a área com uma grande diversidade de espécies e de árvores de fruto;
- Aumento da capacidade de armazenamento de água (recuperação do nível de águas subterrâneas). Desde 2011 que as necessidades de água potável da comunidade são supridas por poços alimentados pela Paisagem de Retenção de Água.
- Aumento de produtividade agrícola (contribuição para a autonomia regional de comida, produção local de alimentos e crescimento económico na comunidade local).

Para além dos benefícios diretos, foram também constatados alguns benefícios indiretos, como:

- Criação de serviços recreativos e de lazer, com espaços de água limpa para diversos usos;
- Controlo da desertificação da área;
- Fixação e armazenamento de carbono atmosférico;
- Controlo de erosão do ecossistema, devido às medidas de reflorestação implementadas;
- Criação de corredores ecológicos e habitats para a vida selvagem. Os corredores de florestação criados servem como caminhos protegidos para que os animais selvagens consigam chegar aos lagos e lagoas;
- Fixação da população local evitando a tendência de êxodo rural.

Quanto aos custos económicos envolvidos neste projeto, só a construção de lagos de retenção de água custou mais de 500 000 euros, ficando o custo total da Paisagem Aquática, em cerca de 1 778 000 euros.

Mais informações sobre este projeto, imagens, financiamento e os custos discriminados podem ser consultados na brochura do projeto, intitulada de *Ecologia para uma Aldeia de Pesquisa de Paz*, criada pelo Grupo Ecologia em 2010.

“Póvoa Central” – Póvoa de Santa Iria (Vila Franca de Xira) – (Chula, 2014)

A freguesia da Póvoa de Santa Iria, localizada no concelho de Vila Franca de Xira, conta com cerca de 30 000 habitantes. Trata-se de uma área que agrega vários usos, nomeadamente, e para além da forte implantação de edifícios de uso habitacional, conta ainda com áreas industriais, comerciais e de serviços/atividades logísticas. Para além desses fatores, esta área é ainda atravessada e servida por importantes vias rodoviárias e ferroviárias, o que a torna apelativa em termos de investimento e inovação. A partilha e fronteira com espaços de índole natural (Rio Tejo e áreas da REN) conferem ainda à Póvoa de Santa Iria particularidades muito próprias, que têm sido bem exploradas e preservadas.

Neste contexto, a Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, introduziu o projeto da “Póvoa Central” na lista de projetos-piloto de bairros ecológicos em Portugal, por meio de candidatura ao Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) 2007/2013, através dos instrumentos “Programas Integrados de Criação de Eco-Bairros” e “Política de Cidades Polis XXI – Parcerias para a Regeneração Urbana”.

Neste caso, a única entidade responsável pelo projeto foi a Câmara Municipal que pela constituição de uma equipa multidisciplinar desenvolveu a candidatura (pela definição dos objetivos inerentes e obtenção dos inerentes fundos) e, posteriormente, tem vindo a gerir a implementação e gestão do projeto no terreno.

Não se pode deixar de registar o sucesso verificado nesta opção de gestão municipal, uma vez que, todo este projeto vem sendo gerido pela autarquia quando, no caso das AUGI, essa gestão deveria ser feita, primordialmente, pelos particulares.

Intervenção urbana

A área escolhida para a implementação deste projeto caracteriza-se por ser uma zona urbana consolidada, com uma vasta área inicialmente ocupada de forma desordenada e urbanisticamente incoerente, por várias construções e terrenos ocupados ilegalmente.

Os projetos que se propuseram levar a cabo pretendiam promover ao máximo o uso e gestão sustentável dos recursos (água, energia e resíduos), desenvolver meios alternativos de mobilidade (desincentivando o uso do automóvel e promovendo os transportes públicos e a mobilidade pedonal) e, ainda, melhorar a qualidade dos espaços públicos (tanto ao nível de equipamentos como de espaços verdes de utilização coletiva).

Fatores de insucesso

Este bairro apresentava-se como uma área urbanisticamente vulgar, com problemas sociais e infraestruturais relevantes. A proposta elaborada para a zona abrangeu vários itens que não aqueles que, à partida, seriam os principais. Desta forma, e embora o projeto “Póvoa Central” possa ser elogiado nas propostas que apresentou (algumas concretizadas), não foi um projeto com êxito ao nível da resolução dos problemas-base da comunidade, devido a não ter elaborado quaisquer propostas a esse nível.

A título de exemplo, verifica-se que, não obstante existirem habitações em muito más condições de habitabilidade, famílias pobres e com altos índices de desemprego, o projeto previa, por exemplo, que fosse produzida uma determinada quantidade de energia localmente sem lidar com aqueles desafios mais prementes. Na prática, acabava por admitir a existência de casas com

humidade e sobrelotadas, mas dotadas de painéis solares nos telhados, continuando as famílias a viver em más condições.

Tal facto mostra a importância de se ter atenção às prioridades nas intervenções urbanas, permitindo-se assim distinguir uma abordagem meramente ambiental de uma abordagem sustentável (com vista na componente social, económica e ambiental).

- ***Internacional***

“Technical solutions above ground allow that, even when it doesn’t rain, there’s still value in the public space.” – René Lindsay (2016).

Gladsaxe, Copenhaga – (Hoffmann et al., 2015)

Em Gladsaxe, nos subúrbios de Copenhaga, um grande projeto de adaptação às alterações climáticas, com o intuito de evitar futuras inundações na zona, foi recentemente terminado no *Gladsaxe Sports Center* (Figura 3.15). Este centro desportivo está situado no topo de um grande sistema de água regional; ao desviar água da chuva através de uma série de lagoas e canais, foi proporcionada uma maior capacidade aos sistemas de esgotos, tanto localmente, como nas zonas de altitude mais baixa. Ao escolher soluções superficiais com um duplo propósito, em vez dos tradicionais reservatórios subterrâneos, o projeto poupou cerca de 4 milhões de euros, provando-se ser uma solução bastante rentável.



Figura 3.15 - *Gladsaxe Sports Center*, em Copenhaga. (Foto de Carsten Ingemann).

Para além dos benefícios económicos, a ideia de manter a água da chuva à superfície também demonstrou ter benefícios sociais, através da criação de novas áreas de lazer e parques infantis que, quando não se encontram a ser utilizados para a recolha de água da chuva, sevem como parques de skate, campos basquetebol e campos de padel, por exemplo.

Enghaveparken, Copenhaga

Fazendo parte do plano da cidade de criar mais “bairros resilientes” às alterações climáticas, surgiu a construção do *Enghaveparken*, em Copenhaga. Este parque tem a particularidade de poder ser usado como campo de desportos em tempo seco e, por se poder transformar numa lagoa de retenção de água quando chove. Os limites do parque são ainda delimitados por um dique que

filtra a água e, esta é posteriormente usada em 100 pequenas hortas comunitárias (Cathcart-Keays, 2016). Na Figura 3.16 encontra-se a representação de *Enghaveparken*.



Figura 3.16 – *Enghaveparken*: em tempo seco (em cima) e após um evento de precipitação (em baixo). (Fonte: Cathcart-Keays, 2016).

Tåsinge Plads, Copenhaga

Em 2011 e 2014, a capital dinamarquesa foi atingida por duas cheias centenárias, causando milhões de euros em danos. Ao invés de resistir à realidade das alterações climáticas, os urbanistas de Copenhaga decidiram adaptar a sua cidade aos riscos existentes (Jacobs, 2016).

A transformação de *Tåsinge Plads* (apresentado na Figura 3.17) foi concluída em 2014 e a área é agora um pequeno parque verde, que demonstra a gestão de três tipos diferentes de frações de águas superficiais: a água da chuva proveniente dos telhados, que é usada para uso recreativo; a água da chuva de áreas sem tráfego, usada localmente para infiltração; e, a água da superfície das estradas, que é infiltrada através de um meio filtrante. Devido ao sal usado no descongelamento de estradas nos países nórdicos, a água proveniente de estradas não é infiltrada para o lençol freático, em vez disso é encaminhada até ao porto da cidade (Hoffmann *et al.*, 2015).



Figura 3.17 - Parque *Tåsinge Plads*, em Copenhaga. (Fonte: Cathcart-Keays, 2016).

O parque encontra-se dividido em três áreas principais, cada uma com uma função específica para aliviar os picos de precipitações intensas: *The Sun Slope*, *The Rainforest* e *The Plaza*. Um tanque de água debaixo da *Sun Slope* recolhe a água da chuva de edifícios circundantes e filtra-a para que possa ser reutilizada posteriormente. A *Sun Slope* é a zona mais elevada do parque, o que significa que a água escoar, terminando na secção *The Rainforest*, onde a água se pode infiltrar lentamente no caso de uma chuva torrencial espontânea. A vegetação presente na secção *Rainforest*, forma tanques naturais de recolha e armazenamento da água da chuva que permitem a drenagem quando os níveis de água já se encontram mais baixos (Jacobs, 2016).

Os guarda-chuvas invertidos (visíveis na Figura 3.17) espalhados pelo parque servem para coletar água da chuva que é posteriormente usada para rega dos espaços verdes. Uma das inovações particulares neste parque assenta nos painéis “insufláveis”, sobre os tanques de armazenamento de água, em que as crianças podem saltar e, quando o fazem, a energia proveniente dos seus saltos, bombeia a água através das condutas subterrâneas. Para além disso, na zona envolvente, foi retirado todo o asfalto e incorporou-se elementos verdes, o que ajuda na redução do efeito de ilha de calor urbana.

O método usado na construção do parque *Tåsinge Plads* custou cerca de 1,14 mil milhões de euros, representando metade do que custaria à cidade melhorar a sua rede de esgotos e drenagem (Cathcart-Keays, 2016).

Malmö, Suécia – SUDS – (Naumann et al., 2011)

Os principais benefícios advindos do projeto de Augustenborg, Malmö estão associados, principalmente, com a melhoria da regulação da água na área devido ao sistema de valas, lagoas de retenção, coberturas verdes e outros SUDS (exemplo apresentado na Figura 3.18). As infraestruturas usadas servem para proteger a área de Augustenborg de inundações e regular o escoamento superficial das águas pluviais. No entanto, alguns benefícios adicionais apontados foram: a melhoria da qualidade da água, a redução de emissões de carbono, redução do risco de inundações de águas pluviais e residuais, recarga aquífera, melhoria de espaços urbanos e um aumento da biodiversidade local. Ainda, a criação de habitats levou a um maior nível de resiliência dos ecossistemas. Como efeito colateral, o projeto contribuiu para aumentar os valores estéticos e de utilidade da paisagem, originando um aumento no ecoturismo associado à região, devido à ligação da cidade aos conceitos de arquitetura sustentável, inovação na adaptação e mitigação ecossistémica e, a uma elevada qualidade de vida dos seus habitantes.

Este projeto custou cerca de 22 milhões de euros, dos quais cerca de 660 000 euros foram investidos no seu planeamento, aproximadamente 1,9 milhões de euros correspondeu ao investimento em infraestruturas (estação de bombeamento e condutas de águas pluviais) e, custos correntes de manutenção somam 17 000 euros por ano.



Figura 3.18 - Utilização de infraestruturas verdes para gestão da água em Malmö, Suécia (Fonte: Naumann *et al.*, 2011).

New Orleans, USA – (Dana Brown & Associates, 2015)

A cidade de Nova Orleães tem vindo a apostar numa nova maneira de lidar com a água na sua cidade, através do uso e implantação de infraestruturas verdes.

Segundo os estudos desenvolvidos, numa situação típica com ruas largas e poucos espaços verdes, durante um evento de chuva normal, 1022 m³ de água escoam diretamente para a rede de esgotos local. Essa mesma zona foi considerada, mas agora recorrendo ao uso de infraestruturas verdes, como calçadas mais largas com árvores, valas vegetadas, pavimentos porosos, jardins de chuva, zonas de retenção de água, fileiras com vegetação junto às estradas e coberturas verdes (Figura 3.19).

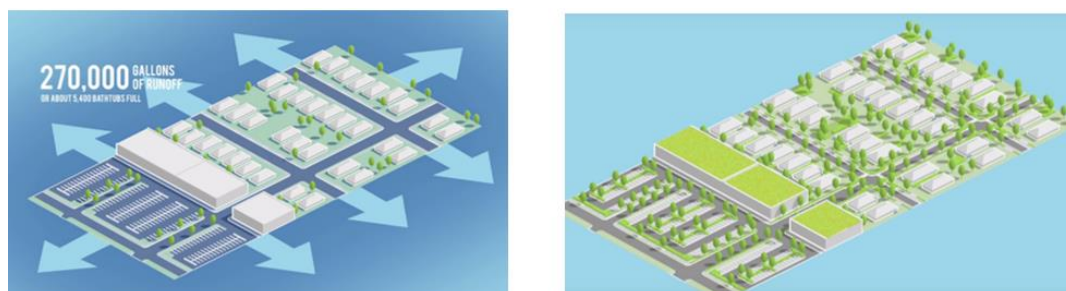


Figura 3.19 - Situação típica de um parque de estacionamento, à esquerda, e projeto de implementação de infraestruturas verdes no mesmo parque de estacionamento. (Fonte: Dana Brown & Associates, 2015).

Com a implementação das infraestruturas verdes descritas prevê-se a redução do risco de inundação de toda a vizinhança, o aumento da resiliência de toda a comunidade circundante, aumento dos valores imóveis e, no geral, a redução dos custos de reparo associados à subsidência da superfície terrestre, um problema que afeta a cidade de Nova Orleães. Estima-se ainda que, com o uso das infraestruturas verdes sejam removidas, por ano, 45 t de dióxido de carbono, 75 kg de dióxido de azoto e 47 kg de dióxido de enxofre. Por tempestade, espera-se que sejam capazes de remover vários poluentes atmosféricos: 67% dos metais pesados, 78% dos sólidos suspensos, 40% de azoto e 28% de fósforo.

Geneva, Suíça – Coberturas Verdes – (EC, 2014b)

A cidade de Geneva tem um clima frio temperado húmido, uma precipitação média anual de 915 mm e temperatura média de 10,7°C.

O projeto implementado, custou cerca de 4 milhões de euros no total e, teria como objetivo principal a redução do risco de inundação em áreas urbanas, recorrendo à implementação de coberturas verdes no telhado de um hospital. A cobertura verde, com 0,55 hectares de área superficial, foi projetada para reter cerca de 30 m³/dia de água no solo e plantas, retendo uma parte e retardando o escoamento. Em comparação com as tradicionais, as coberturas verdes retêm cerca de 60% da quantidade de água que, de outra forma, seria perdida por escoamento; para além de serem uma excelente maneira de recriar habitats naturais em áreas já urbanizadas.

A cobertura verde implementada prevê um aumento de armazenamento de água de 60% e, uma redução de escoamento, igualmente de 60%. Indiretamente, as coberturas verdes melhoram o microclima local e fornecem um espaço natural numa área urbana da qual, neste caso, os pacientes e funcionários do hospital podem beneficiar. Uma das restrições apontadas para este caso de estudo foi a força do vento, pois pode dificultar a utilização de algumas espécies arbóreas.

China – Cidades-esponja – (Shepard, 2016)

Os riscos de inundação na China cresceram bastante nos últimos anos. Mais de 300 pessoas morreram e mais de meio milhão foram deslocadas de dezenas de províncias, tanto no norte como no sul do país. As estimativas de danos variam entre os 22 e os 45 mil milhões de dólares americanos (20 a 40 milhões de euros).

Assim, uma das questões de foco na China passa, não por aumentar apenas a resiliência à escala local, mas por encontrar maneiras de implementar infraestruturas verdes de forma a tornar cidades inteiras em “*jardins de chuva*”, havendo já algumas ideias em prática.

Apesar da rede de drenagem ter aumentado de dimensão cerca de 20 vezes desde 1981, este crescimento não tem acompanhado a expansão do desenvolvimento à superfície. Metade das cidades chinesas não cumprem as normas de segurança nacionais de prevenção de cheias. Só em 2013, 230 dessas cidades foram atingidas por eventos de cheia severos, de acordo com o Ministério da Habitação e Desenvolvimento Urbano-Rural. Tendo em conta os eventos extremos de chuva desencadeados pelas alterações climáticas, a situação só deverá piorar.

Essencialmente, a China tem duas opções para controlar as inundações: modernizar completamente e expandir os sistemas de drenagem existentes ou, tentar uma abordagem algo diferente. O conceito de cidade-esponja é essa solução algo diferente.

“A sponge city is a system, it is not one part. (...) You do a pilot park, you do a pilot neighborhood, it doesn't help. You have to make sure the whole city is doing that. So it needs huge infrastructure. It's not a small thing.” – Li Zhongwei (2016).

Em 2015, o governo chinês selecionou um conjunto inicial de 16 cidades para servirem como projetos-piloto, sendo que, em 2016, foram adicionadas mais 14 cidades a este conjunto. A cada cidade abrangida pelo projeto é designado um montante de 60 a 90 milhões de dólares americanos (aproximadamente, 54 a 80 milhões de euros).

A cidade de Yuelai New City, em Chongqing, foi um dos 16 projetos-piloto iniciais e, que se tem mostrado uma das cidades-esponja mais proeminentes da China. Nesta cidade, todo o pavimento instalado é permeável, de forma a não impedir o fluxo livre de água, em vez disso, o pavimento absorve a água e permite a sua infiltração, para que esta recarregue o aquífero subsuperficial, ou

de modo a encaminhar a água até aos rios, lagoas ou lagos mais próximos. Outra medida implementada nesta cidade foram os estacionamento permeáveis, cobertos de jardins, com arbustos que separam os lugares de estacionamento.

Até ao momento os resultados obtidos têm-se apresentado muito positivos: em termos de prevenção de inundações, os investigadores descobriram que 85% do escoamento da chuva pode ser controlado. Além disso, a retenção de água no local e, a hidratação do solo e da folhagem permite também neutralizar o fenómeno da "ilha de calor urbano". Segundo Li Zhongwei, diretor de uma empresa de arquitetura, estas estratégias podem diminuir a temperatura do ar, reduzindo cerca de 2 a 3°C.

Derbyshire, Londres – (Susdrain, s.d.)

O projeto de um parque para eventos da comunidade, em Derbyshire, foi apresentado em 2013 e ganhou a maior quantidade de financiamento para esse ano. O objetivo do projeto passava por criar um espaço útil e sustentável para a comunidade, com alguns objetivos específicos como:

- Criar um novo elo de ligação entre rotas importantes, tornando-as acessíveis e bem conectadas;
- Usar SUDS de modo a que toda a água superficial escoe naturalmente, sem chegar a entrar no sistema de drenagem unitário (que combina a água residual com a pluvial);
- Promover o uso de SUDS, mostrando como a implementação destes pode ser bem-sucedida em ambiente urbano;
- Atualizar o sistema de iluminação, passando a utilizar iluminação eficiente (LED);
- Criar uma nova pista ciclável e infraestruturas de armazenamento de bicicletas;
- Criar um espaço para eventos de arte e da comunidade;
- Usar plantas autóctones e ricas em néctar, de forma a promover a polinização local;
- Plantar ervas comestíveis e árvores de fruto, de forma a incentivar a produção local;
- Dar uso a materiais reciclados.

Sendo a estratégia principal deste projeto lidar com a água superficial no local, recorreu-se principalmente ao uso de seis componentes de SUDS: canteiros de atenuação, pavimento permeável, coberturas verdes de pequena escala, jardins de chuva, árvores em locais específicos dos arruamentos e uma vala de escoamento. Na Figura 3.20 é possível observar o esquema de atuação proposto para o parque de Derbyshire e, na Figura 3.21, o esquema de SUDS proposto para o mesmo.

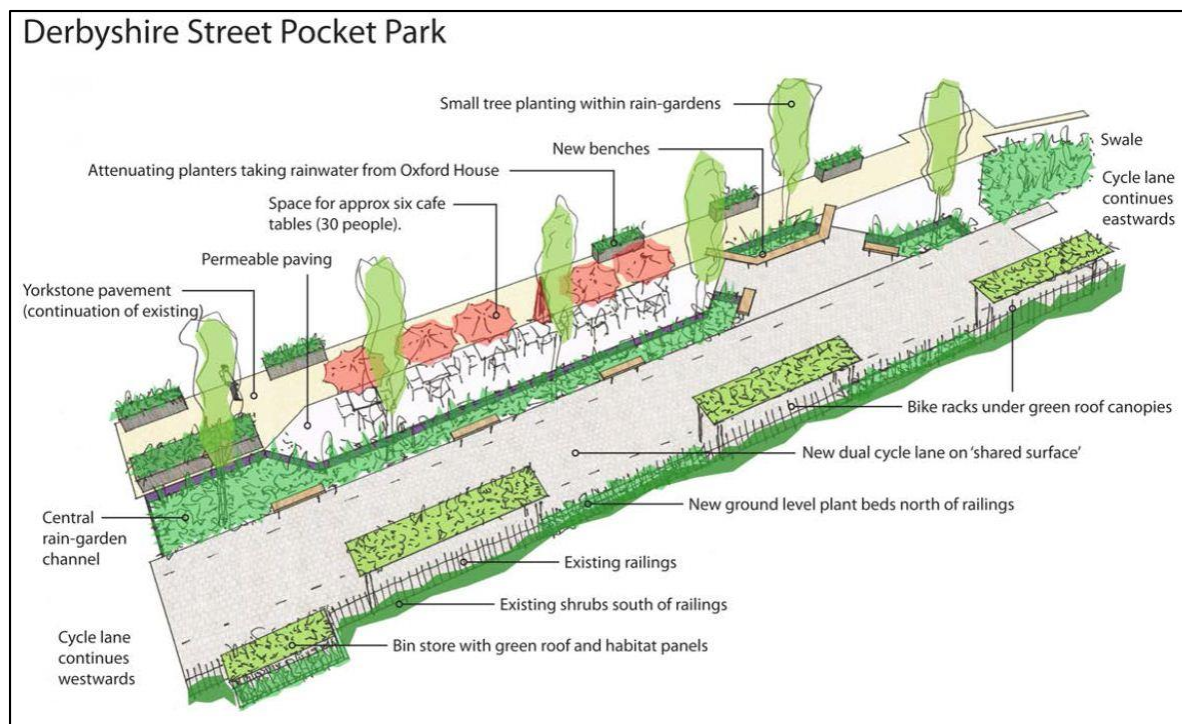


Figura 3.20 - Esquema proposto de atuação para a rua de Derbyshire. (Fonte: Susdrain, *s.d.*).

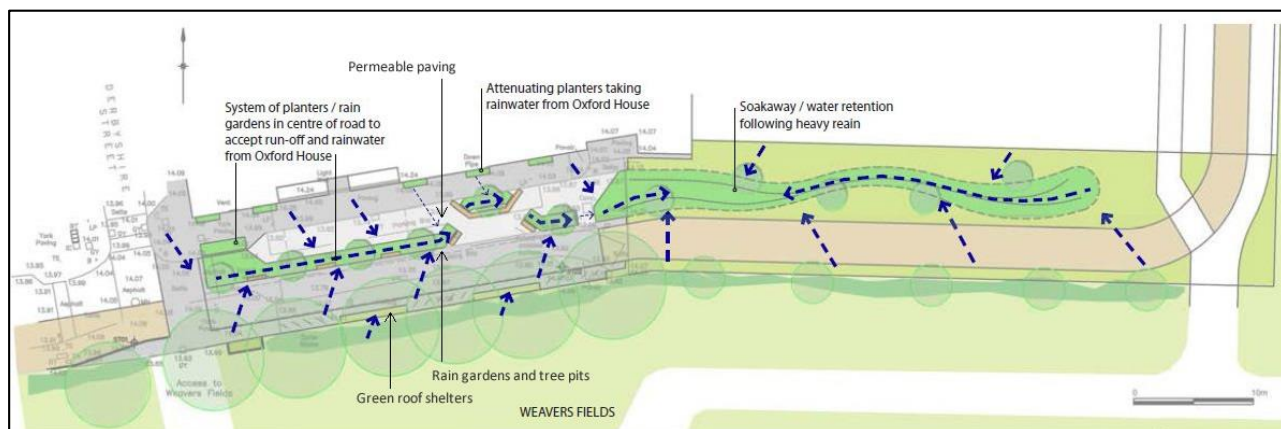


Figura 3.21 - Localização proposta para o uso de SUDS e projeto de captação de água. (Fonte: Susdrain, *s.d.*).

De seguida, na Tabela 3.4, vêm apresentadas estas soluções com maior detalhe, incluindo aspetos de construção e manutenção.

Tabela 3.4 - Detalhes das soluções de SUDS usadas no parque de Derbyshire. (Fonte: Susdrain, *s.d.*).

<p>Canteiros de atenuação da água pluvial</p> 	<p>Quantidade de armazenamento de água: 1m³</p> <p>Detalhes de construção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feitos de material plástico, com uma fachada de madeira; • Zona de plantação com cerca de 20 cm de profundidade para crescimento de pequenas plantas, alinhadas com tecido de juta para impedir o arrastamento do solo para os tanques; • O tanque de água pode armazenar até 1m³ de água e deve estar embutido no solo em redor, de forma a proporcionar estabilidade e espaço para o tubo de descarga subterrâneo. <p>Manutenção: os tanques devem ser limpos anualmente e as plantas eliminadas bianualmente. Pode ser necessária a rega das plantas no verão.</p>
<p>Pavimento permeável (45 m²)</p> 	<p>Quantidade de armazenamento de água: 4,6m³</p> <p>Detalhes de construção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blocos permeáveis colocados sob uma base permeável; • A pavimentação deve ter uma ligeira inclinação para que a água seja transportada até à zona de infiltração (jardim de chuva); • No ponto mais alto do pavimento permeável existe um tubo perfurado, que atua como uma alternativa em casos de água excessiva para que o sistema não fique saturado. <p>Manutenção: varrimento normal da rua pelos serviços de limpeza municipais.</p>
<p>Jardins de chuva e poços de árvores</p> 	<p>Quantidade de armazenamento de água: 4m³ para o jardim de chuva maior e, 3m³ para o menor.</p> <p>Detalhes de construção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidade de 1 a 1,2m; • 500 a 600mm de cascalho e seixos; • 500mm de solo de jardim de chuva, constituído por 45% de areia, 40% de silte, 10% de argila e 5% de matéria orgânica. <p>Manutenção: as entradas precisam de ser mantidas livres de detritos e entulho. O local deve ser limpo de ervas daninhas três vezes por ano (no local usou-se uma camada de lascas de madeira para a supressão de ervas daninhas e para ajudar a manter os níveis de humidade consistentes).</p>
<p>Coberturas verdes</p> 	<p>Quantidade de armazenamento de água: 0,6m³</p> <p>Detalhes de construção: a cobertura tem uma profundidade aproximada de 10cm e possui calhas e tubos de escoamento para situações de água em excesso.</p> <p>Manutenção: é necessária uma inspeção anual da estrutura, telhado e caleiras. Pode ser necessária a rega no verão.</p>
<p>Vala de escoamento</p> 	<p>Quantidade de armazenamento de água: 9m³ abaixo da superfície e 2m³ nas bacias de retenção superficiais.</p> <p>Detalhes de construção: 1m em profundidade com 500mm de cascalho e 500mm de solo de jardim de chuva. A vala foi revestida com relva, o que compactou um pouco o solo.</p> <p>Manutenção: a relva da vala deve ser cortada a cada 3 semanas no verão e, cada 4-6 semanas no inverno.</p>

Esquema do percurso da água:

O uso de SUDS foi integrado no esquema, com os jardins de chuva e os poços de árvores a fazer a ligação através de todo o espaço, ligando todas os componentes. Devido à escala do projeto e a falta de espaço existente, o controlo da água na origem e a sua manipulação no local foi uma prioridade.

Primeiramente, a água é retida nos canteiros de atenuação pluvial; quando estes atingem o ponto de saturação, descarregam o excesso de água sob o pavimento permeável. Quando o espaço de armazenamento sob o pavimento permeável atinge o ponto de saturação, o excesso de água flui para o jardim da chuva, tal como acontece para as coberturas verdes presentes nos abrigos de bicicleta e abrigos de contentores de lixo.

Todas as superfícies impermeáveis são drenadas para os jardins de chuva através de uma ligeira inclinação do solo a declinar na sua direção. Os dois jardins de chuva existentes e os poços de árvore estão ligados por um tubo de argila subterrâneo, de forma a que a água se possa transportar do jardim de chuva maior, quando este estiver saturado, para o jardim de chuva menor que, através de uma tubulação subterrânea, se encontra ligado à vala de escoamento. A vala está projetada de forma a armazenar a água abaixo da superfície e, uma vez saturada, cria lagoas à superfície em duas pequenas bacias; caso estas atinjam a sua capacidade, existe um ponto de limite máximo que faz a ligação a uma vala convencional.

O esquema projetado é capaz de reter cerca de 25 m³ de água superficial, incluindo a capacidade de armazenamento de água já existente no local. Assim, este esquema serve perfeitamente para eventos com um período de retorno de 100 anos, com uma taxa de escoamento calculada de 5 a 6 L/s.

Resultados:

Até o momento não há registo de água na vala (parte final do esquema de SUDS). O parque já passou pelo inverno de 2013/14 e com as inundações repentinas do verão de 2014. Durante um evento de chuva pesada, pode ser observada água nas entradas para o jardim da chuva, especialmente sobre as superfícies impermeáveis, porém 5 minutos após a cessação da chuva, a água é toda escoada para o jardim de chuva.

Custos:

Neste caso, o custo de implementação dos SUDS, em comparação com um sistema de drenagem convencional não é comparável pois a rede de drenagem já existia no local. No entanto, o custo de pavimentação da área teria sido bastante superior, quando comparado com a criação do jardim de chuva e a vala de escoamento.

O custo total do parque foi de 136.000 €. A instalação da ciclovia e as melhorias na autoestrada para a restante área de Derbyshire (alargamento de estradas) ficou em 68 000 €. Os custos de manutenção dos SUDS são baixos. A vala é aparada no verão e as áreas plantadas são cuidadas por um grupo de voluntariado local.

Benefícios para o futuro:

- A água pluvial deixa de entrar no sistema de drenagem unitário e passa a ser tratada localmente, mitigando os riscos de inundação derivados do escoamento da água superficial, favorecendo a drenagem natural e levando a água de volta ao seu ciclo natural;
- Aumento da biodiversidade local através do uso de plantas nativas e ricas em néctar, bem como os painéis de habitats – já se constatou a presença de abelhas e borboletas no jardim de chuva e próximo dos painéis;
- Uso eficiente de energia, através de iluminação LED;

- Reutilização de materiais no local – por exemplo, o uso de gabiões de pedra de granito, obtidos a partir de obras na estrada, de forma a preencher a base dos bancos de jardim;
- Criação de uma placa informativa que mostra o percurso do fluxo das águas de superfície, mas, o mais importante, é que também mostra a alternativa, com a água que entra no sistema de esgoto. Espera-se que os residentes entendam a importância do esquema de SUDS criado e que outros projetistas entendam como estes podem ser integrados em pequenos espaços.

Na Figura 3.22 encontram-se algumas imagens da rua e do parque de Derbyshire:



Figura 3.22 - Evento comunitário de plantação (em cima à esquerda); após o evento de plantação (em cima à direita); banco preenchido com gabiões de pedra de granito obtidos a partir de obras na estrada (em baixo à esquerda); abrigo para bicicletas com cobertura verde. (Fonte: Susdrain, *s.d.*).

3.6 Lacunas na investigação

Como em todos os temas sujeitos a investigação, há sempre algo mais por descobrir ou algo mais a esclarecer. Assim, ao proceder à revisão de literatura sobre o presente tema, foram constatadas algumas lacunas na investigação.

- Uma das lacunas identificada por Ziervogel *et al.* (2014), é o facto de o ambiente construído não ser comumente avaliado em cenários de longo prazo de adaptação, o que representa uma falha significativa devido à importância dada crescentemente às cidades pela sua exposição particular às alterações climáticas. Nas grandes áreas metropolitanas, existem vastas revisões sobre os efeitos previstos das AC, com a finalidade de um correto planeamento e adaptação. No entanto, a modelação quantitativa dos impactos das AC existente é bastante limitada. Outra, também referida por Ziervogel *et al.* (2014) reside no facto de que, apesar de se verificar internacionalmente um aumento de investigadores que se concentram em entender os melhores meios de adaptação a médio / longo prazo, há ainda uma considerável falta de experiência prática na implementação de programas de adaptação, a longo prazo, relacionados com as AC.

- ii. Um grande obstáculo à implementação é ainda a falta de investigação na procura de medidas de adaptação custo-eficazes e, na promoção de opções de financiamento adequadas (Ziervogel *et al.*, 2014).
- iii. Relativamente à disponibilidade de dados para investigação, a obtenção de dados hidrológicos atualizados é algo cada vez mais difícil, e caro, de se obter ou de criar através de processos de modelação. Esta falha representa uma restrição grave na previsão de impactes, principalmente, para países em vias de desenvolvimento (Ziervogel *et al.*, 2014).
- iv. Falta de avaliação da relação entre a crescente urbanização das cidades e o aumento de eventos climáticos extremos, i.e., a avaliação quantitativa dos custos associados às maiores concentrações de pessoas e infraestruturas, juntamente com eventos extremos (Ziervogel *et al.*, 2014).
- v. Existe a necessidade de criar novas parcerias de investigação entre os municípios e as instituições académicas, bem como sistemas de acompanhamento e avaliação capazes de avaliar a eficácia dos investimentos feitos em medidas de adaptação (Ziervogel *et al.*, 2014).
- vi. Existe ainda pouca investigação que avalie a eficácia de redução associada ao uso de infraestruturas verdes, comparando situações de uso integrado de IV, com outras em que se fez uso individual destas infraestruturas (Liu *et al.*, 2014).

3.7 Desafios e próximos passos

Jones & Somper (2014) sugerem que os investigadores e as autoridades políticas se foquem em áreas principais, de forma a incentivar um maior uso de infraestruturas verdes na adaptação às AC. Primeiramente, os atores que influenciam a perceção das infraestruturas verdes entre os investidores precisam de usar a sua posição para comunicar claramente o valor económico e, os benefícios para a comunidade que estas oferecem. Estes atores são, principalmente, o governo nacional, autoridades locais, assessores de design sustentável, empresas de construção sustentável e grupos ambientalistas. Transformar políticas em medidas práticas, exige que os *stakeholders* interessados compreendam o valor multifuncional decorrente do uso de infraestruturas verdes, como os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas.

Atualmente, não existe um método amplamente aceite para avaliar os serviços dos ecossistemas, o que pode dificultar a compreensão dos benefícios por parte dos responsáveis por decisões na indústria e, consequentemente, dificulta a sua força de aplicar as ferramentas existentes (Jones & Somper, 2014). O Instituto de Recursos Mundiais (*World Resources Institute*) está a tentar superar esta limitação e melhorar a comunicação do que significa a métrica dos ecossistemas, com o objetivo de integrar o conceito nos processos de planeamento e tomada de decisão, para ambos os setores público e privado. Algumas grandes corporações mundiais já estão a tomar medidas, como a Nestlé, que se comprometeu a salvaguardar os serviços dos ecossistemas no seu *Compromisso sobre o Capital Natural*, lançado em 2012 (Jones & Somper, 2014).

Incentivos fiscais

Sendo esta uma dissertação com o intuito de garantir a gestão urbana sustentável e resiliente do município, importa referir que abordar uma reconversão urbanística nunca vem sem se abordar a questão da responsabilidade dos custos associados à mesma. Segundo Chula (2014), numa primeira abordagem, os encargos da reconversão de uma zona são sempre da responsabilidade do promotor (em regra, as administrações conjuntas das AUGI, à exceção dos casos em que são os

municípios que decidem promover a reconversão – podendo, ainda assim, imputar despesas de reconversão aos particulares). Quer a nível urbanístico, a nível das redes de drenagem e abastecimento, ou ao nível da rede viária, passeios e ciclovias, poder-se-ia definir que tais encargos teriam viabilidade para ser suportados, em parte, pelo promotor e, outra parte, pelos municípios, por exemplo, através da redução de taxas e, sempre que se comprove que a solução apresentada seja sustentável, quer pelos materiais empregues, quer pelas suas características de durabilidade (Chula, 2014).

Há, também, uma necessidade de executar políticas de planeamento mais fortes e iniciativas governamentais para incentivar a integração de infraestruturas verdes como prática normal. Alguns instrumentos de mercado, como uma menor tributação ou redução nas contas de serviços públicos para empresas que utilizem infraestruturas verdes, poderiam ser utilizados pelo governo de forma a promover esta ação pela indústria. Por exemplo, na Alemanha, 13 cidades já reduzem as taxas de serviços públicos em cerca de 50-80% para edifícios que tenham pelo menos uma cobertura verde instalada (GreenRoofs, 2013, referido em Jones & Somper, 2014).

Jefferies (2016) também faz referência ao uso de instrumentos financeiros. O esquema apresentado por Jefferies (2016) (Figura 3.23), demonstra a aplicação de incentivos financeiros num projeto na Alemanha, através da redução das taxas de conexão a esgotos quando os projetos façam uso de infraestruturas verdes. Neste caso, se a infiltração da água for feita diretamente no local ou se a descarga for diretamente para um curso de água (ambos recorrendo a elementos SUDS), não há cobrança da taxa, no entanto, se se pretender fazer a conexão à rede de drenagem convencional, a taxa é cobrada.

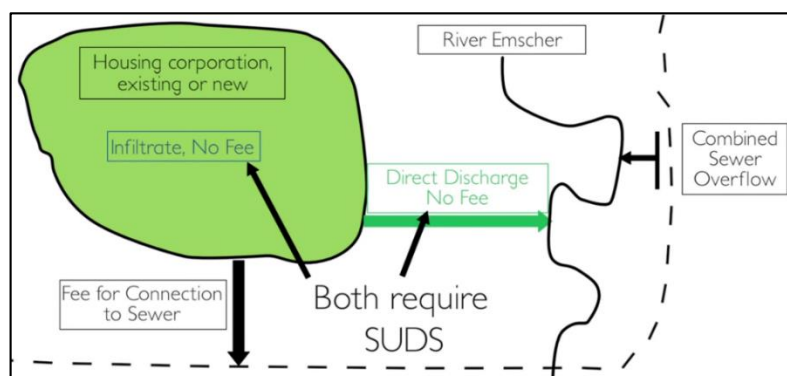


Figura 3.23 - Aplicação de instrumentos financeiros como incentivo à adoção de infraestruturas verdes. (Fonte: Jefferies, 2016)

Outros bons exemplos podem ser analisados nos bairros de Camden e Islington, em Londres. O concelho de Camden encoraja o envolvimento da comunidade em questões verdes através de iniciativas, como o seu programa de zonas verdes, onde os residentes comunicam *online* para planear e coordenar iniciativas verdes. Já o bairro de Islington, uma das áreas mais densamente urbanizadas de Londres, defende o uso de sistemas de drenagem sustentáveis para gerir riscos de inundação e, técnicas passivas de design que minimizem o sobreaquecimento urbano, como adaptação às alterações climáticas (Jones & Somper, 2014).

Respeitante ao uso de coberturas verdes, verifica-se já por todo o mundo a existência de políticas obrigatórias ou de incentivos a quem adote este tipo de solução construtiva. Na Alemanha, 43% das cidades oferecerem incentivos fiscais para a instalação de coberturas ajardinadas. Em Portland, os códigos de construção estabelecem que, para 0,09m² de cobertura ajardinada criada, o promotor terá direito a um extra de 0,27m² de espaço no solo (Pinto, 2014). Em Toronto, no Canadá, é obrigatório que novos edifícios, de habitação ou serviços, tenham uma cobertura verde

sempre que os edifícios representem uma área mínima de 2000 m². Por outro lado, existe também a hipótese de obter incentivos financeiros à instalação de uma cobertura verde: 75 \$/m² ajardinado. Desde a criação desta política, em 2009, o programa de incentivos já contribuiu para a criação de mais de 100 coberturas sustentáveis. Um ano depois, em 2010, Copenhaga adotou a obrigatoriedade de coberturas verdes para todos os novos edifícios construídos com inclinação inferior a 30°. Na Bélgica, o governo financia metade do valor de uma instalação de coberturas ajardinadas (cerca de 30 €/m²). Algumas cidades da Suíça têm em vigor obrigações para novos edifícios e, na Cidade do México, quem optar por esta solução tem direito a uma diminuição de impostos. O exemplo mais recente deste tipo de políticas veio da França, onde, a nível nacional, a legislação dita agora que os edifícios comerciais novos tenham incluídas coberturas ajardinadas ou painéis solares (Figueiredo, 2015).

Em Portugal, começa-se agora a dar os primeiros passos neste sentido, no entanto, os incentivos e/ou obrigações continuam a ser inexistentes, algo que urge mudar dada a importância do uso destas infraestruturas verdes em grandes áreas urbanas. Lisboa é um exemplo incontornável, sobretudo devido às inundações que, a cada Inverno, paralisam a cidade e os serviços de emergência, causando prejuízos materiais e económicos (Figueiredo, 2015).

4 Breve apresentação do concelho de Almada

Localização

Como descrito na página oficial (CMA, *s.d.*), Almada é uma cidade portuguesa pertencente ao distrito de Setúbal e à Área Metropolitana de Lisboa, sendo rodeada a oeste pelo Oceano Atlântico, a norte e nordeste pelo estuário do rio Tejo, a sul pelo concelho de Sesimbra e a este pelo concelho do Seixal. O município abrange uma área de 71 km², subdividida em cinco freguesias: a União das Freguesias de Almada, Cova da Piedade, Pragal e Cacilhas, a União das Freguesias da Caparica e Trafaria, a União das Freguesias da Charneca de Caparica e Sobreda, a Freguesia da Costa da Caparica e, a União das Freguesias do Laranjeiro e Feijó.

População

Segundo os Censos de 2011, Almada contava com 174 030 habitantes, sendo o principal concelho da Margem Sul da AML, em termos populacionais. Relativamente às faixas etárias verifica-se uma predominância da faixa jovem/adulta, com 55,6% da população com idades compreendidas entre os 25 e os 64 anos de idade. Relativamente à população ativa, 76% encontra-se empregado no setor terciário, refletindo a evolução deste setor de atividade nos últimos anos, em detrimento dos setores industrial e agrícola.

Infraestruturas e serviços

Almada mostra-se também como um polo de inovação, desenvolvimento económico e tecnológico, com incentivos ao investimento em indústrias de base tecnológica e a empreendimentos turísticos ou outras indústrias. Para além do centro universitário da Faculdade de Ciências e Tecnologia, encontra-se também sediado em Almada o Núcleo Empresarial de Almada Velha, o Madan Parque de Ciência e Tecnologia, o Quarteirão das Artes e um Gabinete de Apoio à Criação de Emprego e Captação de Investimentos (GACECI) com o seu próprio Programa de Apoio ao Empreendedor (PAE).

Almada tem inúmeros serviços municipais, entre eles um programa municipal de promoção da atividade física (Almada Mexe Comigo), e vários complexos municipais, pavilhões e estádios dedicados à prática do exercício físico. Para além das infraestruturas *indoor*, surgem ainda alguns circuitos de manutenção e percursos cicláveis no concelho.

Relativamente às acessibilidades e meios de mobilidade, no centro de Almada circulam diariamente cerca de 140 mil automóveis de residentes no concelho ou de pessoas que lá trabalham. Dados a que acrescem os 35 mil veículos que atravessam a zona do Centro Sul, em direção a Lisboa ou ao concelho do Seixal. De forma a diminuir os níveis de poluição atmosférica no concelho e os problemas associados à segurança rodoviária, a Câmara Municipal de Almada elaborou o Plano de Mobilidade – Acessibilidades 21, cujo objetivo foi diagnosticar os problemas

e apresentar propostas para que seja cada vez mais fácil e seguro circular em Almada, privilegiando a utilização dos transportes públicos e os modos de transporte suaves.

Clima

Quanto ao clima, o concelho de Almada apresenta um clima sub-húmido, com um Inverno quente/tépido e com nevoeiro de advecção, apresentando certas características que variam em função do relevo e da exposição.

Relativamente à **temperatura**, esta é influenciada pela geografia e proximidade ao Oceano Atlântico, estuário do Tejo e Serra da Arrábida, sendo a temperatura média anual no concelho de 17 °C; a **precipitação** média anual no concelho é de 585 mm; o **vento** predominante é de nor-noroeste, com ventos frequentes fracos e moderados de nor-nordeste, sudoeste e norte; relativamente à **insolação** na região, os valores anuais de insolação situam-se por volta das 3 000 horas de sol anuais (CMA, 2011b). Os gráficos seguintes apresentam a evolução mensal das temperaturas máxima, média e mínima, e da precipitação medidas na Estação Meteorológica do Laranjeiro, no período 2002-2009 (Figura 4.1). A Figura 4.2 mostra o regime de ventos em Almada, considerando a direção predominante e velocidade média.

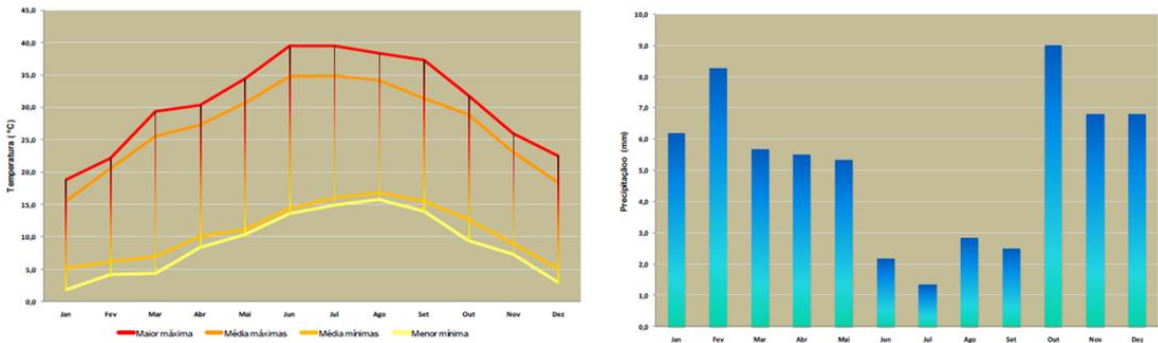


Figura 4.1 - Representação gráfica das temperaturas máxima, média e mínima (esquerda) e do volume de precipitação médio (direita) registados na Estação Meteorológica do Laranjeiro, entre 2002-2009. (Fonte: CMA, 2011b)

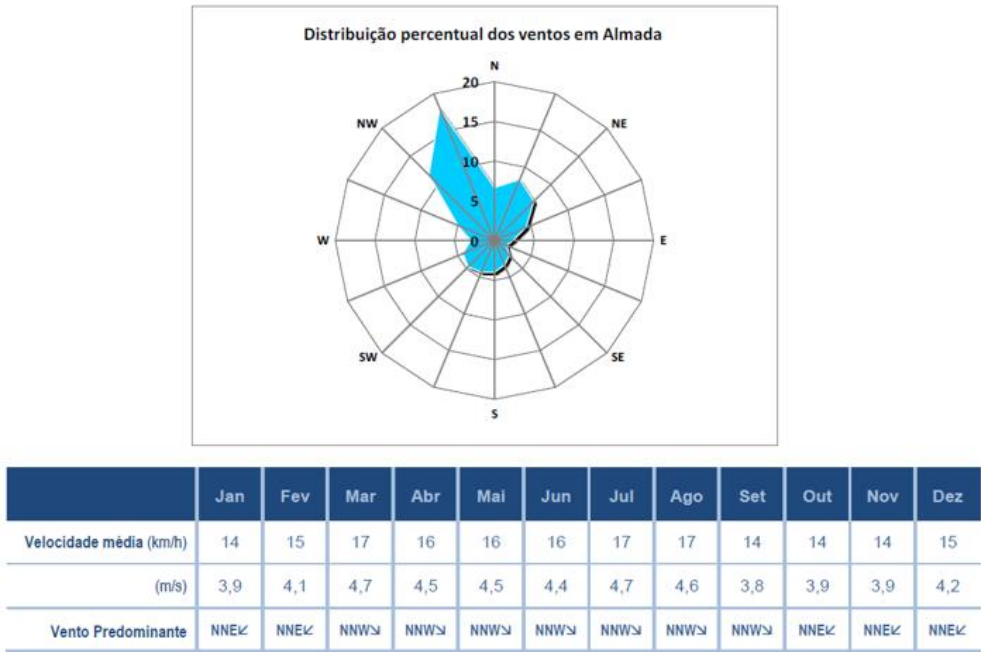


Figura 4.2 - Regime de ventos em Almada: velocidade média e direção predominante. (Fonte: CMA, 2011b)

Na Figura 4.3 apresentam-se nos dados climáticos recolhidos da Estação Meteorológica do Laranjeiro, para o período compreendido entre 2002 e 2009. É de notar que esta série de valores é apresentada a título exemplificativo, dado que, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial, os apuramentos estatísticos geralmente designados por Normais Climatológicas compreendem um período de 30 anos com início no primeiro ano de cada década. Sendo assim, a série de anos avaliada é demasiado curta, servindo, contudo, como uma demonstração daqueles que são os valores mais típicos dos parâmetros climáticos em Almada.

DADOS CLIMÁTICOS PARA O CONCELHO DE ALMADA													
Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Maior temp. máx. registada/[°C]	18,8	22,1	29,4	30,3	34,4	39,5	39,5	38,4	37,3	31,8	26,0	22,5	39,5
Média temp. máx. /[°C]	15,5	20,6	24,8	27,3	30,7	34,8	34,8	34,2	31,4	28,8	23,1	18,4	27,0
Média temp. diária/[°C]	11,6	12,0	14,1	16,0	18,1	21,1	22,1	23,1	21,4	18,8	15,1	12,2	17,1
Média temp. mín./[°C]	5,2	6,2	7,0	10,1	11,1	14,4	16,1	16,8	15,5	12,6	9,0	5,0	10,7
Menor temp. mín. registada/[°C]	1,8	4,2	4,4	8,4	10,4	13,6	14,9	15,8	14,0	9,4	7,4	3,0	1,8
Média precipitação/[mm]	59,4	50,0	30,6	34,4	41,2	14,6	11,1	12,4	19,8	95,4	74,4	38,8	482,0
N.º médio dias precipitação	6,2	8,3	5,7	5,5	5,3	2,2	1,3	2,8	2,5	9,0	6,8	6,8	62,4
Humidade Relativa: 9h [%]	82,1	76,9	76,8	69,8	65,8	65,5	63,6	65,0	68,7	77,5	77,4	79,1	72,3
Humidade Relativa: 18h [%]	82,1	76,8	76,7	69,6	65,7	65,5	63,8	65,2	68,5	77,7	77,4	79,0	72,3
Média radiação solar/[W/m²]	202,9	258,7	316,6	376,0	450,4	431,7	493,7	479,0	389,8	287,8	234,3	196,3	4.117,2

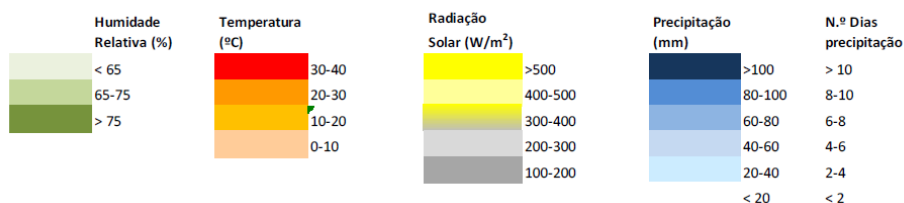


Figura 4.3 - Dados climáticos para o concelho de Almada, para o período 2002-2009. (Fonte: CMA, 2011b)

Integração e coesão municipal

Almada pretende desenvolver-se como um concelho de elevada qualidade ambiental e paisagística, cuja identidade territorial repousa sobre o estuário do Tejo. Visa salvaguardar as funções biofísicas do território, utilizar de forma eficiente os recursos naturais e reduzir os impactes ambientais e energéticos dos ambientes construídos, caminhando progressivamente para a classificação de concelho neutro em carbono, ao mesmo tempo que eleger a educação e a sensibilização ambiental como pilares fundamentais para formar e elevar a consciência cívica dos cidadãos (CMA, 2012b). O apoio de instituições e movimentos associativos é fundamental, não só pelo seu contributo para o fomento de hábitos de vida mais saudáveis e pela elevação dos padrões culturais, como também para elevar os níveis de sucesso no que respeita à aprendizagem dos valores da cidadania e providenciar uma maior integração e coesão social.

4.1 As alterações climáticas em Almada

Num esforço de pôr em prática mecanismos de redução do consumo de energia e das emissões de GEE que lhe estão associadas, grande parte dos países industrializados ratificaram o Protocolo de Quioto, em que acordaram reduzir, em conjunto, as suas emissões de GEE em 8%, no período de 2008-2012, em relação às emissões de 1990. Para concretizar este objetivo, o governo Português desenvolveu em 2004 o PNAC, que define um conjunto de Políticas e Medidas, bem como os respetivos instrumentos, visando uma intervenção integrada para controlar e reduzir as emissões nacionais de GEE. Para concretizar a sua intervenção no domínio da mitigação das emissões de

GEE, a CMA procedeu em 2001 ao desenvolvimento da ELAC, que contempla um conjunto de Políticas e Medidas setoriais para a redução e mitigação das emissões de GEE em Almada.

Segundo CMA (2011b), os modelos concretizados para a zona de Almada pela Agência Municipal de Energia de Almada (AGENEAL) e pelo Departamento de Estratégia e Gestão Ambiental Sustentável (DEGAS), em 2010, revelam uma ligeira tendência de aumento da precipitação no Inverno (12,5 %) e uma diminuição drástica nos meses de Verão (reduções da ordem dos 55 %), assim como uma diminuição nos meses de Outono e Primavera (entre 15-55 %). Para além destas alterações prevê-se também uma alteração do regime de chuvas acentuando-se os picos de precipitação, ou seja, intensificando-se as chuvadas em períodos de tempo mais curto. Em relação à radiação solar prevê-se um aumento de 3 a 6 % em especial no Verão, o que constitui uma oportunidade para maximizar os ganhos solares na produção de energia. Assim, os previsíveis impactes das alterações climáticas e riscos a que Almada estará sujeita, serão:

- Aumento da frequência e seriedade de fenómenos climáticos extremos, como tempestades, secas e cheias;
- Agravamento das cheias e inundações nas margens das linhas de água, levando ao aumento do escoamento superficial e erosão dos solos;
- Aumento do nível médio do mar nas zonas costeiras, com consequente perda de território por erosão e recuo da linha de costa, que contribuirá para a degradação dos recursos de água doce através da crescente salinização das águas subterrâneas;
- Afetação da biodiversidade e distribuição espacial nos ecossistemas marinhos, devido à alteração dos regimes de temperatura e precipitação e à acidificação dos oceanos por solubilização do CO₂ na coluna de água, que induz *stress* fisiológico nas espécies aquícolas;
- Aumento do número de doenças cardiorrespiratórias decorrentes de maiores concentrações de ozono troposférico em zonas urbanas, devido ao maior número de dias quentes e ao efeito ilha de calor ocorrente em cidades;
- Aumento dos riscos para a saúde humana devido aos fenómenos de ondas de calor, aumento dos fogos florestais e alteração da distribuição geográfica de doenças infecciosas típicas de latitudes mais baixas;
- Diminuição do rendimento das culturas e da quantidade de matéria orgânica no solo, com consequente redução da fertilidade dos solos, o que elevará de forma considerável o risco de quebra da produção agrícola;
- Contaminação de aquíferos, especialmente em aquíferos livres como o que está subjacente à Península de Setúbal, devido ao aumento do uso e concentração de poluentes e pesticidas, de forma a manter a produção agrícola. A gestão sustentável dos recursos água e solo, assim como as práticas agrícolas que nele se desenvolvem, constituirá uma importante medida de adaptação nesta área.

A resiliência do território de Almada e dos seus ambientes naturais e construídos depende da sua capacidade de adaptação às AC e aos impactos que estas acarretam. O PDM apresenta-se como uma ferramenta fundamental na preparação e adaptação do concelho a esta nova realidade e na dotação das melhores condições possíveis à criação de uma comunidade resiliente e adaptada aos riscos previstos. Assim, é crucial que as estratégias de adaptação às AC venham consagradas na atual revisão do PDMA, recorrendo aos melhores métodos e abordagens existentes e os mais adequados ao território (CMA, 2011b).

5 Situação de referência na Cidade dos Vales

5.1 EEM e Condicionantes

As áreas naturais de importante conservação devem ser abrangidas por planos cujos objetivos sejam, por um lado, salvaguardar os habitats naturais da fauna e da flora e, por outro lado, estabelecer propostas de uso e ocupação do solo que promovam a compatibilização entre a proteção e valorização dos recursos naturais e o desenvolvimento de atividades humanas.

A EEM, do ponto de vista do RJGT, não é verdadeiramente uma condicionante à ocupação do solo nem às atividades humanas no território, mas sim um instrumento de ordenamento. Isto é, a EEM apresenta-se como uma condicionante de projeto e conceção territorial que condiciona o planeamento e a gestão do território, com um carácter transversal orientado para a compatibilização de funções que, direta ou indiretamente, salvaguardam os valores ecológicos presentes no território. Constitui assim uma rede ecológica à escala local, que pretende preservar as conectividades e funcionalidades ecológicas do meio natural, rural e urbano. É particularmente relevante em locais sujeitos a uma elevada pressão antropogénica, como é o caso das áreas metropolitanas, onde o equilíbrio entre a proteção dos recursos naturais e o desenvolvimento das atividades humanas é mais frágil. Deve assim ser um instrumento a considerar aquando da atribuição de usos do solo adequados (CMA, *s.d.b*).

A proposta de EEM de Almada é dividida nas seguintes componentes:

- Estrutura Ecológica Fundamental (Figura 5.1) - reúne as componentes ecológicas da paisagem fundamentais para o funcionamento e estabilidade ecológica do território. A EEF integra num só elemento cartográfico o sistema húmido (inclui as bacias hidrográficas e o sistema litoral), o sistema seco (inclui as áreas de máxima infiltração, as áreas declivosas com risco de erosão e os solos de elevado valor ecológico) e a vegetação (natural ou seminatural com interesse de conservação) (CMA, *s.d.b*).

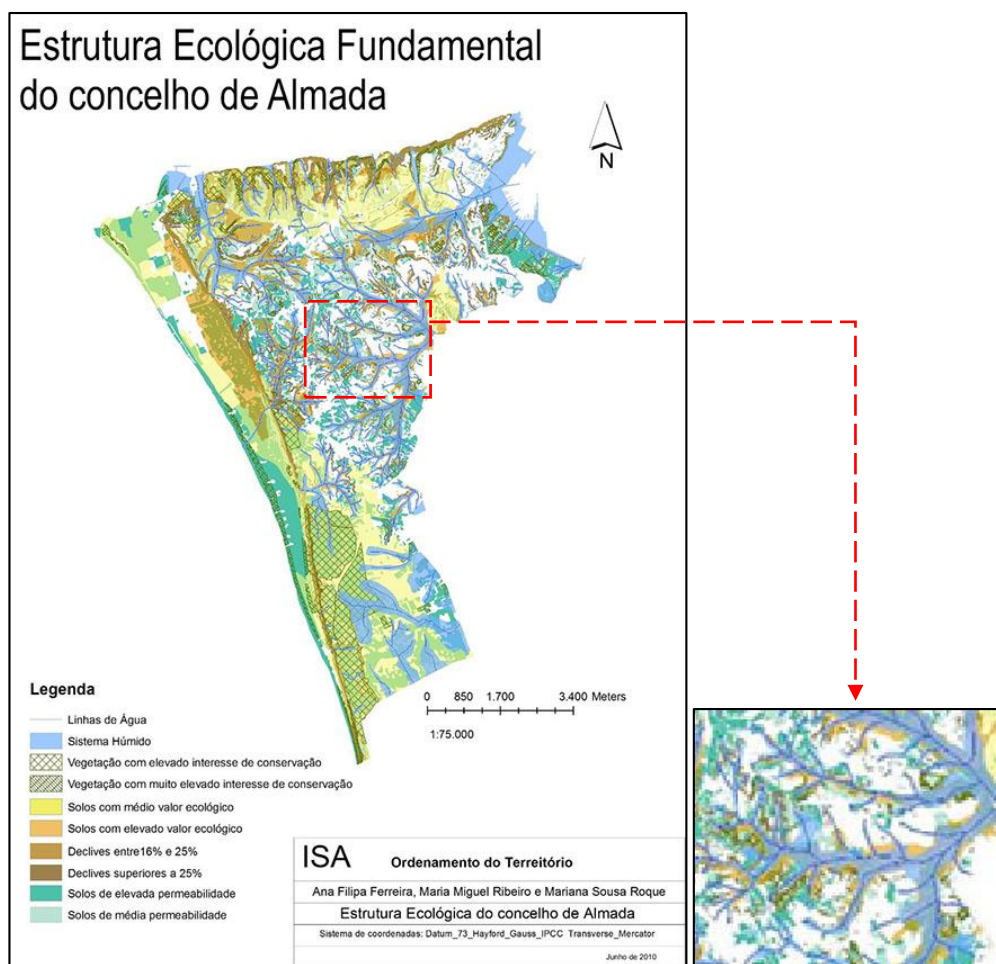


Figura 5.1 - Estrutura Ecológica Fundamental de Almada. (Fonte: ISA, 2010).

- Estrutura Cultural Municipal - integra os elementos construídos que refletem a ação humana sobre a paisagem (CMA, *s.d.b*).
- Estrutura Ecológica Urbana - integra nas áreas urbanas os elementos das duas estruturas anteriores, constituindo assim, uma estrutura de proteção, de regulação climática, de suporte à produção vegetal e um espaço de lazer e recreio integrado no tecido edificado (CMA, *s.d.b*).

A EEM de Almada presta vários serviços ambientais como a adaptação do território às vulnerabilidades e minimização dos riscos associados, regularização dos sistemas hídricos, redução do risco de cheias, alimentação dos lençóis freáticos e aquíferos, estabilização de vertentes e controlo da erosão, promoção do conforto bioclimático contrariando o fenómeno urbano da “ilha de calor”, disponibilização de espaços públicos de recreio e usufruto da natureza, entre outros.

De acordo com Ferreira e Machado (2010), são apresentados, de forma sumária, na Tabela 5.1 os usos e ações, compatíveis com a EEM, com incidência direta nos usos do solo. Os usos indicados apresentam-se no sentido de promover o contínuo ecológico do município, reduzindo os riscos de perda de conectividade da estrutura.

Tabela 5.1 - Usos e ações compatíveis com a EE para as componentes: Leitos e margens dos cursos de água, Permeabilidade máxima e Solos de elevado valor ecológico. (Fonte: adaptado de Ferreira & Machado, 2010)

Componente da EE	Função ecológica principal	Usos e ações compatíveis com o uso do solo
Leitos e margens dos cursos de água	<u>Ciclo hidrológico:</u> - Regulação do ciclo da água. <u>Biodiversidade:</u> - Conservação de habitats (flora e fauna); - Refúgio de espécies; - Regulação do ciclo de nutrientes. <u>Prevenção de riscos:</u> - Redução da erosão fluvial através do uso de vegetação ripícola; - Redução e prevenção dos riscos de cheia.	- Uso de vegetação ripícola; - Prados naturais; - Agricultura de regadio; - Espaços verdes de recreio e lazer (compatíveis com a sensibilidade ambiental dos habitats presentes); - Espaços não edificáveis.
Zonas de permeabilidade máxima	<u>Ciclo hidrológico:</u> - Recarga aquífera. <u>Biodiversidade:</u> - Conservação dos ecossistemas aquáticos. <u>Prevenção de riscos:</u> - Proteção da qualidade da água; - Redução das áreas de risco de cheia e de inundação; - Redução do risco de intrusão salina.	- Matas e floresta; - Prados naturais; - Espaços verdes de recreio e lazer (que promovam a permeabilidade e que não constituam um risco à contaminação aquífera); - Espaços não edificáveis.
Solos de elevado valor ecológico	<u>Ciclo hidrológico:</u> - Promoção da infiltração da água no solo. <u>Biodiversidade:</u> - Promoção da sustentação de comunidades vegetais de elevada biomassa, ou de comunidades vegetais específicas. <u>Prevenção de riscos:</u> - Redução dos riscos de cheia e inundação; - Áreas compatíveis com agricultura biológica; - Áreas preferenciais para a produção de produtos autóctones (vinho, azeite, maçãs, entre outros).	- Agricultura, preferencialmente de sequeiro (vinhas, pomares e olivais); - Em áreas rurais com forte disseminação de espaços urbanos poderão constituir excelentes espaços abertos para a prática de desporto e lazer (baixa infraestruturação compatível com a sensibilidade do recurso); - Espaços não edificáveis (excetuando apoios agrícolas).

- **PROT – Plano Regional de Ordenamento do Território**

De entre os instrumentos de gestão territorial (IGT), a Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, que estabelece as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo, identifica os PROT como instrumentos estratégicos que “*estabelecem as orientações para o ordenamento do território regional e definem as redes regionais de infraestruturas e transportes, constituindo o quadro de referência para a elaboração dos planos municipais de ordenamento do território*”. De acordo com o Regime Jurídico dos IGT, a elaboração dos PROT é da competência das CCDR, devendo estas definir as estratégias regionais de desenvolvimento territorial, integrando as opções

estabelecidas a nível nacional e considerando as estratégias municipais de desenvolvimento local. Estes planos permitem garantir o desenvolvimento global e equilibrado da área, já que determinam um uso racional do espaço e dos recursos naturais; visam ainda integrar a participação das populações em todo o processo de ordenamento e nas decisões para o uso do território onde vivem.

Segundo o disposto na Resolução do Conselho de Ministros n.º 68/2002, de 8 de abril, a REM concretiza-se num conjunto de áreas e corredores ecológicos organizados em três níveis hierárquicos de acordo com a sua importância e contributo para a estruturação ambiental do território metropolitano: Rede Primária, Rede Secundária e Rede Complementar. Concretamente, a Rede Secundária diz respeito a Áreas e Corredores Estruturantes Secundários, designados como **áreas e espaços de natureza muito diversa livres de funções urbanas ou de edificação significativa**, mas com funções determinantes a nível ecológico, paisagístico ou produtivo; com funções hidrológicas ou linhas de água permanentes ou temporárias: áreas florestais, agrícolas, linhas de água, vales encaixados, baixas aluvionares e áreas estuarinas. Da REM destaca-se um corredor estruturante secundário do PROT em Almada (representado na Figura 5.2), que faz a ligação entre a frente oceânica e a frente ribeirinha do concelho, atravessando a área da Cidade dos Vales. Um dos maiores pontos de conflito que o corredor estruturante do PROT encontra nesta zona diz respeito a uma área em Vale Figueira, que faz a ligação entre o Parque Multiusos da Sobreda e a Quinta dos Medronheiros.



Figura 5.2 - Corredor estruturante secundário do PROT que abrange a zona da Cidade dos Vales. (Fonte: CMA, 2012c).

Este corredor, ainda que estrangulado pontualmente, deve estar presente como orientação de nível superior. No mesmo documento (Resolução do Conselho de Ministros n.º 68/2002, de 8 de abril) é referido:

“Os corredores assinalados como corredores estruturantes secundários acompanham, na maior parte dos casos, as linhas de água ou cabeços que estabelecem as ligações ecológicas entre áreas e unidades territoriais. Uma atenção especial deve ser dada aos territórios e aos sistemas atravessados por estes corredores, no sentido de manter e viabilizar a conectividade entre as áreas e os sistemas indicados.”

As áreas e os corredores incluídos na rede secundária da REM incluem áreas e sistemas com dimensão suficiente para serem claramente identificados e com importância metropolitana e local na sustentabilidade do modelo territorial. Estas áreas relacionam-se com os sistemas hidrológicos de forma significativa, sendo importantes no controle das cheias e na qualidade do ambiente

metropolitano. Assim, deve ser dada uma atenção extra aos territórios e sistemas atravessados por estes corredores, no sentido de manter e viabilizar a conectividade entre as áreas e os sistemas indicados.

- **REN – Reserva Ecológica Nacional**

“Estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que, pelo seu valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial.” – Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto.

A REN foi instituída pelo Decreto-Lei n.º 321/83, de 5 de julho, com um caráter estritamente proibicionista. No entanto, já foi sucessivamente alterada de forma a atenuar essa característica restritiva e condicionadora de usos, para uma aproximação positivista, que define os usos possíveis e desejáveis para estes territórios. O atual RJREN encontra-se estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de novembro.

A REN consiste na delimitação de uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que, pelo seu valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial. Trata-se de uma restrição de utilidade pública com um conjunto de condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo, identificando os usos e ações compatíveis nos vários tipos de áreas. A salvaguarda destes recursos é definida através da proibição de todas as ações passíveis de destruir, ou diminuir, as funções ambientais e potencialidades das áreas integradas na REN, entre as quais se incluem operações de loteamento, obras de urbanização, construção e ampliação, vias de comunicação e destruição do revestimento vegetal.

Tem como principais objetivos:

- a) Proteger os recursos naturais água e solo, bem como salvaguardar sistemas e processos biofísicos associados ao litoral e ao ciclo hidrológico terrestre, que asseguram bens e serviços ambientais indispensáveis ao desenvolvimento das atividades humanas;
- b) Prevenir e reduzir os efeitos da degradação da recarga de aquíferos, dos riscos de inundação marítima, de cheias, de erosão hídrica do solo e de movimentos de massa em vertentes, contribuindo para a adaptação aos efeitos das alterações climáticas e acautelando a sustentabilidade ambiental e a segurança de pessoas e bens;
- c) Contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza;
- d) Contribuir para a concretização, a nível nacional, das prioridades da Agenda Territorial da União Europeia nos domínios ecológico e da gestão transeuropeia de riscos naturais.

A atual área da REN de Almada, alterada pela última vez em 2010, conta com 2 474 hectares, o que correspondente a 35,2% do concelho, mais de um terço do território (Figura 5.3). Toda a área do Sistema de Vales da Sobreira e Charneca constitui uma importante unidade de conservação pois assenta num sistema hídrico muito rico, associado a áreas de elevada permeabilidade de solos (CMA, 2011b).

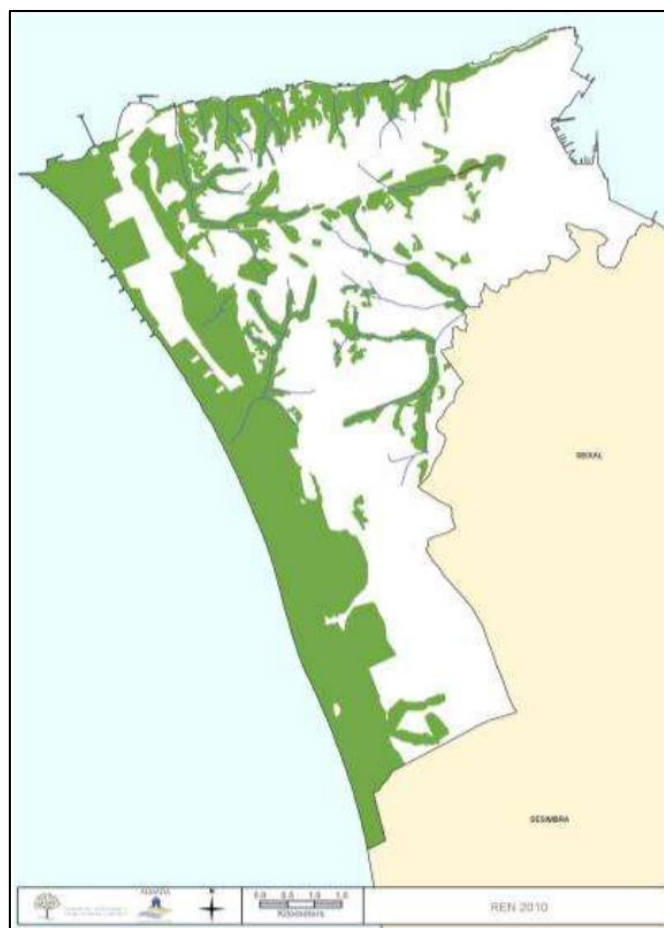


Figura 5.3 - Delimitação da área de REN no concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2011b).

As áreas integradas em REN, segundo o artigo 4º do Decreto-Lei n.º 166/2008, que se mostram relevantes no âmbito da dissertação, são as áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre (cursos de água e respetivos leitos e margens) e as áreas de prevenção de riscos naturais, que incluem as zonas adjacentes, as áreas de instabilidade de vertentes, áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo e as zonas ameaçadas pelas cheias (nomenclatura retificada pelo Decreto-Lei n.º 239/2012).

- ***RAN – Reserva Agrícola Nacional***

"Conjunto das áreas que, em termos agroclimáticos, geomorfológicos e pedológicos, apresentam maior aptidão para a atividade agrícola." – Decreto-Lei n.º 73/2009.

A RAN corresponde a uma restrição de utilidade pública, que estabelece um conjunto de restrições à utilização não agrícola de certos solos. Alguns objetivos da RAN constituem a preservação dos recursos naturais e proteção do recurso “solo”, como suporte a um desenvolvimento sustentável da atividade agrícola. As áreas pertencentes à RAN devem ser destinadas apenas à atividade agrícola e são áreas *non aedificandi*, numa visão de uso sustentado e de gestão eficaz do espaço rural. Assim, são interditas todas as ações que diminuam ou destruam as potencialidades à atividade agrícola dos solos, como por exemplo, operações de loteamento, obras de urbanização, construção ou ampliação, entre outras (CMA, 2011b).

As utilizações não agrícolas de áreas integradas na RAN só se podem verificar quando não exista alternativa viável, devendo estas localizar-se em solos classificados como de menor aptidão.

Algumas exceções de utilização não agrícola em áreas de RAN são as obras ligadas à atividade agrícola, a construção ou ampliação de residência própria e permanente de agricultores em exploração agrícola, ou de pessoas que se encontrem em situação de insuficiência económica, a instalação de equipamentos para produção de energia a partir de fontes renováveis, ou obras de captação de água ou de implantação de infraestruturas hidráulicas (CMA, 2011b).

Em Almada, a RAN distribui-se ao longo de 414,4 hectares, dos quais 75% se encontram sobrepostos à REN e correspondendo a cerca de 6% do território concelhio, como se pode observar na Figura 5.4 (CMA, 2011b).

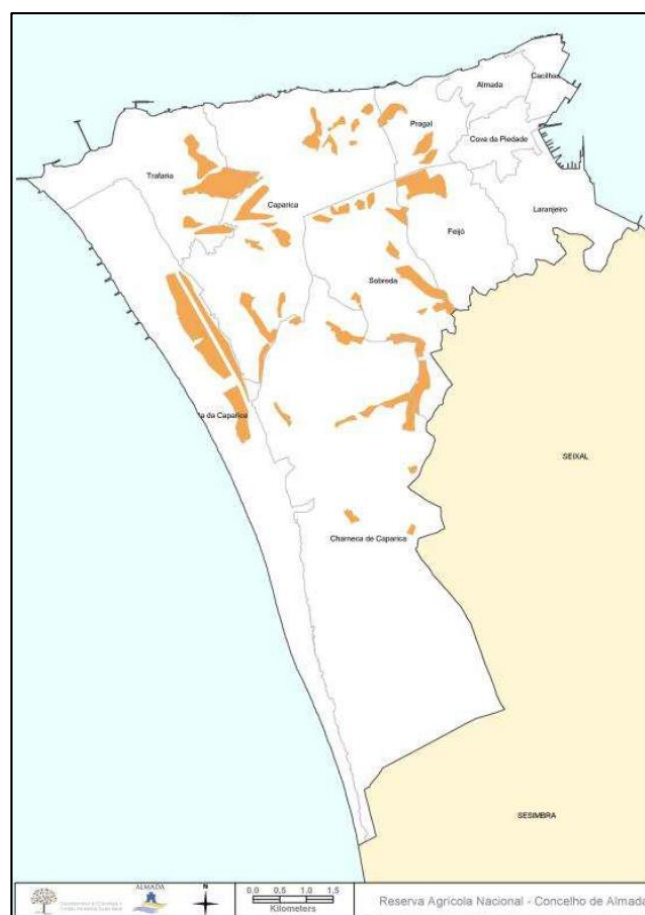


Figura 5.4 - Delimitação da área de RAN no concelho de Almada. (Fonte: (CMA, 2011b).

5.2 Unidades de Paisagem e Ocupação

De acordo com o trabalho de caracterização da Cidade dos Vales já realizado (CMA, 2012c), identificou-se para o concelho de Almada sete Unidades de Paisagem (áreas com características homogêneas), representadas na Figura 5.5, predominando três grandes tipos de paisagem: a Ribeirinha, a Atlântica e a Charneca. A zona dos Vales foi caracterizada como unidade de paisagem F, uma zona de transição com um relevo ondulado, que se encontra ramificada na Vala do Guarda-Mor, Vala da Sobreda, Vala da Regateira, Vala da Charneca e a Vala de Vale Figueira.

A unidade de paisagem F, subdividida nas unidades F1 – Bacia de Corroios e F2 - Bacia da Foz do Rego, tem uma expressão territorial significativa no interior do concelho, com características predominantemente urbanas, com vestígios de um carácter rural decorrente da sua génese. Os

aglomerados densos dispõem-se sobre as cumeadas e alastram-se pelas vertentes até aos vales / linhas de água, onde dão lugar a uma ocupação agrícola e florestal. Destas duas subunidades, a Bacia de Corroios (F1) é que apresenta maior relevância devido ao seu relevo ondulado e pela alternância entre vales e cumeadas (CMA, 2012c).

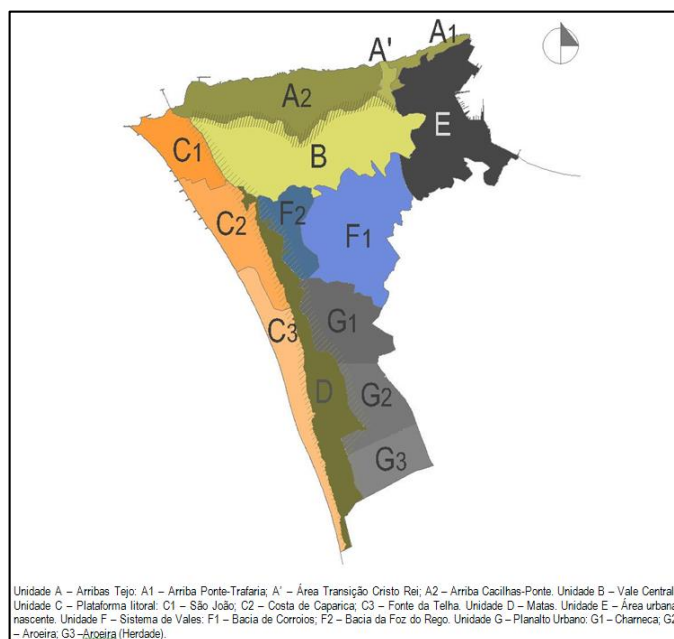


Figura 5.5 - Unidades de paisagem do concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2012a)

No âmbito dos Estudos de Caracterização da RPDMA foi efetuada uma abordagem em termos de Unidades de Ocupação Urbana a todo o município. Foram identificadas seis principais Unidades de Ocupação Urbana, encontrando-se localizada a área de intervenção na área designada como Área Urbana dos Vales, número 5 representado na Figura 5.6.

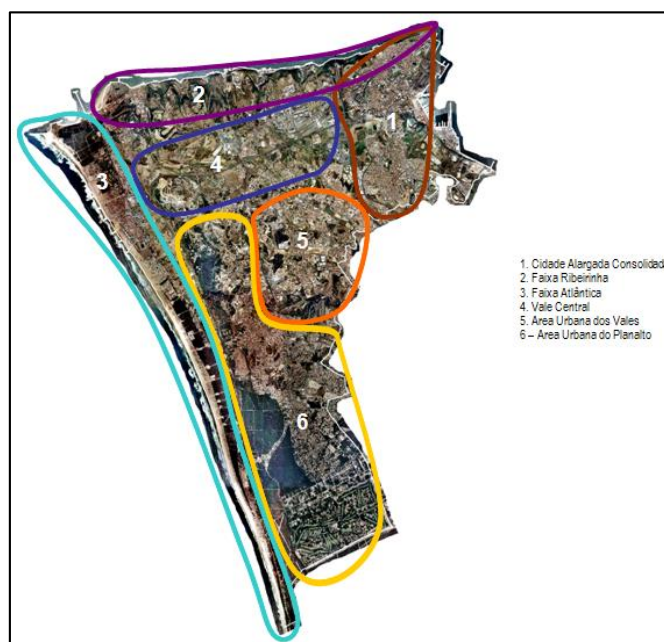


Figura 5.6 - Unidades de ocupação urbana do concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2012a)

A zona designada como *Cidade dos Vales* estrutura-se a partir de um núcleo principal, o centro histórico da Sobreda, que deu origem à expansão da malha urbana, assim como por vários núcleos

de Quintas, que foram sendo urbanizadas. A área é delimitada a norte pelo IC20, a sudoeste pela A33, a sudeste pela A2 e a sul pelo limite do concelho, que faz fronteira com o concelho do Seixal (CMA, 2012c).

Trata-se de uma área com cerca de 944,4 ha, que abrange a quase totalidade da freguesia da Sobreda e parte da freguesia da Charneca de Caparica. Segundo os censos de 2011, a população residente era cerca de 24 320 habitantes, dos quais 58% tem entre 25 e 64 anos, sendo a segunda zona mais dinâmica do concelho, com uma taxa de variação populacional de 37% (CMA, 2012c).

A zona da Cidade dos Vales caracteriza-se por uma malha desarticulada resultante da existência de uma série de AUGI e de NLD que se desenvolveram a partir dos anos 60 do século XX, desestruturados entre si, com ausência de referências e de elementos marcantes que lhe confirmam estrutura e legibilidade da sua estrutura urbana e natural. Na área de intervenção localizam-se 14 AUGI (essencialmente na zona da Sobreda) e 19 NLD, estes últimos perfazendo quase metade do valor total do concelho (47 NLD) (CMA, 2012c).

Da totalidade de espaços ainda por ocupar em todo o concelho, a Cidade dos Vales é a segunda área com maior folga urbanizável bruta do concelho (sem qualquer ocupação ou compromisso urbanístico), com um valor de 1 988 700 m². Contabilizando apenas os espaços urbanizáveis (*i.e.*, excluindo as áreas de equipamentos e espaços verdes de recreio e lazer), apresenta-se como a terceira área com maior folga urbanizável bruta do concelho, com um valor de 893 606 m². Quanto à folga urbanizável líquida (que representa as áreas não construídas dentro das áreas consideradas ocupadas por alvarás de loteamento ou em NLD), o número de lotes não construídos em habitação de baixa densidade é de 2 768, correspondente a 53% do concelho. Quanto aos lotes de habitação de média densidade contabilizam-se cerca de 265 lotes não construídos, correspondente a 35% dos lotes não construídos existentes no concelho. Estas manchas territoriais, não utilizadas e sem compromisso, revelam-se áreas complementares que podem ser utilizadas, quer como importantes áreas de continuidade ecológica, apoiando o funcionamento da EEM, quer como espaço de consolidação e colmatação do tecido urbano (CMA, 2012c).

5.3 Sistema Biofísico

5.3.1 Sistema Hídrico

O sistema hídrico é uma das componentes mais relevantes neste território. É prevista a alteração do regime de chuvas acentuando-se os picos de precipitação, ou seja, intensificando-se as chuvadas em períodos de tempo mais curtos, o que aumentará a velocidade de escoamento superficial, a erosão dos solos e diminuirá os tempos de retenção. Este fenómeno é exacerbado pela crescente impermeabilização do solo por ampliação das áreas edificadas, pelo que é necessário adaptar o território a esta nova realidade, principalmente em zonas que não possuam infraestruturas de amortecimento e armazenamento adequadamente dimensionadas.

O concelho de Almada insere-se na margem esquerda do sistema aquífero da Bacia Terciária do Tejo-Sado. Este sistema é designado por “Aquífero Mio-Pliocénico do Tejo” e é, na realidade, composto por dois sistemas de aquíferos principais:

- a) O sistema aquífero Miocénico, que abrange a parte norte do concelho, é um aquífero confinado a semi-confinado, composto por formações geológicas de natureza arenosa, calcária e argilosa. Neste sistema ocorrem depósitos com fraca aptidão aquífera dado predominar a existência de rochas como os calcarenitos, arenitos, siltes e argilas na série

estratigráfica. A presença de argilas na série sedimentar reduz a infiltração, dificulta a percolação e diminui o armazenamento subterrâneo (HIDRA, 2012).

- b) O sistema aquífero Plio a pós-Pliocénico, que abrange principalmente o interior do concelho, é um aquífero livre formado essencialmente por depósitos arenosos. Constitui a base da alimentação de água potável a toda a zona metropolitana sul, alimentando todos os municípios de Setúbal e Santarém. Admite-se uma recarga na ordem dos 20-30% da precipitação média anual, que é atingida através da precipitação e por infiltração nos leitos das linhas de águas, nas zonas mais elevadas do seu percurso na bacia (HIDRA, 2012).

O escoamento superficial é influenciado pela precipitação atmosférica e por fatores associados à geomorfologia da região, como a permeabilidade do solo, o tipo de vegetação, a área e morfologia da bacia hidrográfica e a profundidade do nível freático. No concelho de Almada, embora o escoamento superficial não seja muito abundante e se registre uma forte variação ao longo do ano, existem algumas linhas de água na região, principalmente ribeiras e valas individualizadas em pequenas bacias hidrográficas, cujo caudal de escoamento superficial é, em grande parte, alimentado pelas águas subterrâneas. Na zona dos Vales verifica-se a ocorrência de escoamentos superficiais devido à irregularidade do terreno e ao facto das características geológicas não favorecerem a infiltração da água (HIDRA, 2012).

Existem dois aspetos importantes a considerar na análise ao sistema húmido da Cidade dos Vales:

- Os sistemas húmidos situados a jusante são mais sujeitos a cheias, dependendo da bacia hidrográfica, da dimensão e do grau de impermeabilização da mesma (CMA, 2011b);
- As zonas adjacentes às linhas de água são, caracteristicamente, zonas de declives suaves assinaladas por uma maior humidade do solo e pela ocorrência de grandes amplitudes térmicas diurnas, provocadas pela acumulação do ar frio durante a noite, formado nos cabeços e planaltos, sobretudo se estes não se encontrarem revestidos por vegetação. Nestas áreas deve ser preservada a vegetação ripícola associada às linhas de água, bem como os solos (aluviosolos e coluviosolos) onde possa ocorrer agricultura de regadio, hortas ou pomares (CMA, 2011b).

A construção e edificação em zonas húmidas é particularmente desfavorável e gravosa, devido à instabilidade que estes sistemas oferecem às fundações (problemas de humidade), as más condições de conforto bioclimático e o risco de cheias a que estão sujeitas (CMA, 2011b).

A zona da Cidade dos Vales é marcada por cinco linhas de água (representadas na Figura 5.7): a linha de água da Vala do Guarda-Mor, Vala da Sobreda, Vala de Vale Figueira, Vala da Regateira e Vala da Charneca, que se unem a jusante na chamada Vala de Corroios (CMA, 2012c).

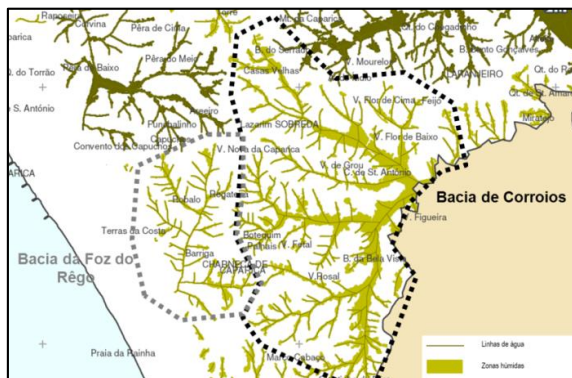


Figura 5.7 - Sistema hídrico associado à zona da Cidade dos Vales. (Fonte: CMA, 2012c)

A ocupação urbana incide essencialmente nas encostas e festos sendo a zona dos Vales menos ocupada, ainda que algumas linhas de água se encontrem pontualmente estranguladas. No decurso do processo de urbanização, algumas linhas de água têm vindo a ser regularizadas através de soluções hidráulicas artificiais, escasseando os troços naturalizados. Devido aos problemas associados aos caudais excedentes e ao aumento da carga pluvial, foram criadas algumas medidas de contenção de riscos, como por exemplo, bacias de retenção (CMA, 2012c).

Na zona existe uma bacia de drenagem pluvial de grande extensão, a Bacia de Corroios, que compreende os aglomerados do Feijó, Sobreda, Charneca, Vale de Figueira e a povoação de Corroios (HIDRA, 2012). A bacia inclui como linhas de água principais a Vala da Charneca e a Vala de Corroios, podendo distinguir-se, como sub-bacias importantes as seguintes:

- Sub-bacia de Vale Flores;
- Sub-bacia do Guarda-Mor;
- Sub-bacia da Sobreda;
- Sub-bacia da Regateira;
- Sub-bacia de Vale Rosal;
- Sub-bacia da Charneca.

Como foco de estudo será analisada a zona problemática da Vala da Regateira (representada na Figura 5.8), localizada na Sub-bacia da Regateira. Esta zona apresenta-se como problemática devido às inúmeras habitações construídas em zona de REN, estando não só as habitações sujeitas ao risco de inundação, como também estas se encontram numa zona impeditiva à construção devido à capacidade infiltrativa do solo em que assentam, que se encontra impermeabilizado. Esta situação é prejudicial não só aos habitantes, como também a toda a zona que se encontra a jusante desta linha de água, favorecendo a ocorrência de cheias em locais de cotas mais baixas (HIDRA, 2012).



Figura 5.8 - Sub-bacia da Regateira – Área de Estudo. (Fonte: ortofotomapa da CMA, 2011)

5.3.2 Habitats

- *Fauna e Flora*

O conhecimento da vegetação e das espécies vegetais que a constituem é fundamental para uma correta gestão do território, uma vez que permite a escolha de povoamentos de espécies mais aptas a sobreviver nas condições de habitat presentes em cada local (CMA, 2011b).

A zona da Cidade dos Vales, devido ao seu relevo suave, características continentais (por estar mais protegido dos ventos dominantes de NO) e por apresentar solos não calcários formados a partir de arenitos de textura grosseira e com boa drenagem, apresenta uma vegetação com fortes características mediterrânicas, como os sobreirais em mosaico com pinhais e matos (CMA, 2011b).

Ao analisar a Figura 5.9, verifica-se que na zona da Cidade dos Vales, as principais séries de vegetação encontradas são as de sobreiro (*Asparago aphylli-Quercus suberis Sigmetum*), que constitui a vegetação potencial de cerca de 45% do concelho, e uma série de vegetação ripícola, representativa de 6% do concelho (CMA, 2011b).

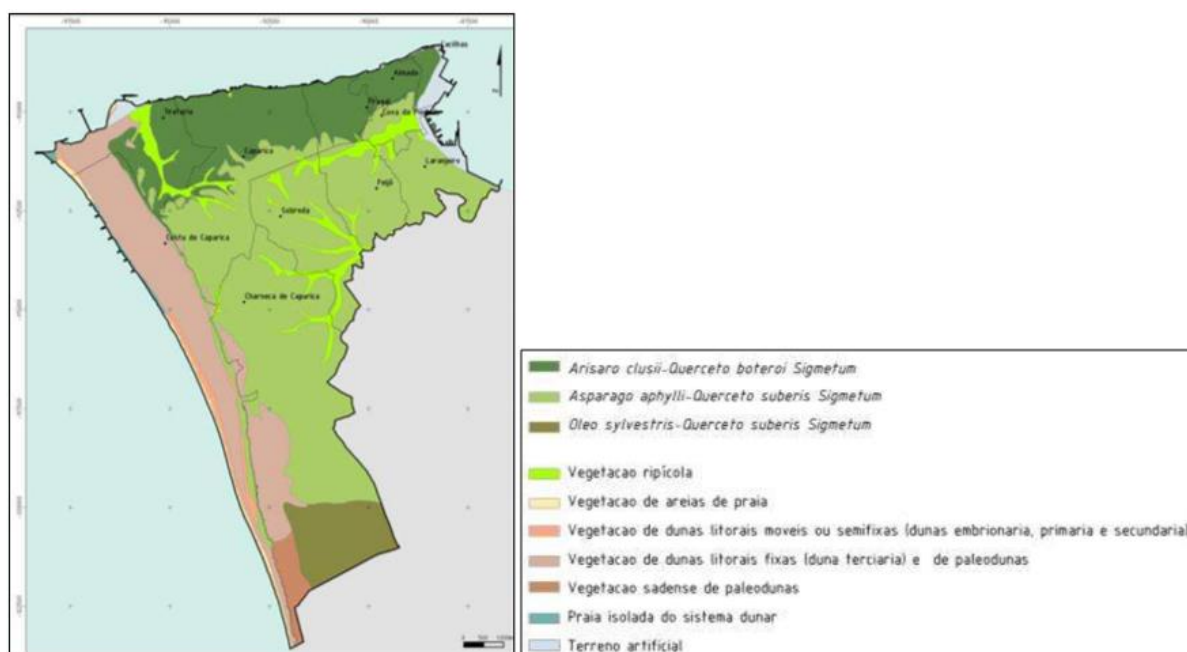


Figura 5.9 - Séries de vegetação existentes no concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2011b).

A zona da Cidade dos Vales foi, em tempos, um lugar com uma extensa área florestal, formada maioritariamente por povoamentos de sobreiros dos quais restam hoje pequenas áreas, que se tornaram matos e matas mistas. De acordo com a Diretiva Habitats (Diretiva nº 92/43/CEE), podem ser encontrados sobreirais (habitat 9330), frequentemente associados a pinhais e matagais, como os medronhais (habitat 5330pt3) ou carrascais (habitat 5330pt5), matos de carvalhiça (habitat 5330pt4) ou urzais-tojais (habitat 2150pt1) (CMA, 2011b).

Segundo o caderno de caracterização ambiental (CMA, 2011b):

- Os sobreirais são bosques climatófilos (que têm ao seu dispor apenas as águas pluviais) dominados por sobreiro e acompanhados por vezes por carvalho-cerquinho (*Quercus faginea* subsp. *Broteroi*), que se instalam em terrenos não calcários derivados de arenitos, sienitos e granitos e outras rochas ácidas, mas exigentes em temperatura, mais ou menos húmidos e que são exclusivos do centro-sul do país.

- Os pinhais são formações arbóreas dominadas, em geral, por pinheiro-manso (*Pinus pinea*), pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e pinheiro-de-alepo (*Pinus halepensis*). Estes habitats apresentam distintas comunidades, que têm grande variação de fisionomia e porte, em função da quantidade de luz que deixam penetrar no seu interior, do tipo de solos e das comunidades nativas que se desenvolvem no seu sub-coberto.
- Os matos e matagais são hoje as formações vegetais mais comuns da região mediterrânica, servindo como importantes bases de suporte à manutenção da biodiversidade e das funções ecológicas que teriam os bosques originais. Os matagais são formações densas, dominadas por espécies lenhosas de porte arbustivo alto a arbóreo. Por formarem comunidades muito densas e quase impenetráveis, estes matagais tornam-se importantes refúgios para a fauna terrestre.

Apesar da zona da Cidade dos Vales não apresentar das maiores áreas no que respeita ao interesse de conservação, possui ainda algumas manchas de vegetação com valor natural que potencia a sua recuperação. Estas manchas são importantíssimas para a continuidade da EEM, quer entre as manchas de vegetação melhor preservadas, quer pela sua penetração nos meios urbanos, sendo assim adequadas ao acolhimento de intervenções que potenciem a regeneração do seu coberto vegetal.

Quanto à fauna do município de Almada, esta apresenta um papel fundamental em vários processos biofísicos dos ecossistemas do território devido à sua diversidade e à sua situação biogeográfica. Os maiores constrangimentos e ameaças à fauna terrestre do concelho decorrem da forte urbanização do território e da perda de habitat por diminuição de áreas naturais e da fragmentação do território induzida pela implantação de infraestruturas lineares (eixos rodoviários, linhas de muita alta tensão, entre outras) que, para além de constituírem barreiras físicas aos fluxos genéticos, são ainda a causa de elevadas taxas de mortalidade por atropelamento. Como consequência desta fragmentação verifica-se a predominância de seres de pequenas dimensões capazes de sobreviver em micro-habitats, escasseando os de grande porte, mais exigentes do ponto de vista ecológico (CMA, 2011b).

Os biótopos de Almada incluem uma considerável diversidade de habitats terrestres abertos e florestados (incluindo matos e matagais), terrenos agrícolas (biótopo usado como zona de alimentação) e uma importante rede de parques e jardins que potencia um acréscimo significativo da biodiversidade em meio urbano.

• *Biodiversidade*

As alterações climáticas são o mais recente, e um dos mais relevantes, fator de ameaça à biodiversidade a nível global. Esta nova ameaça atua de forma direta sobre as espécies e os ecossistemas levando à perda de biodiversidade, mas, sobretudo, de forma indireta, potenciando e agravando os efeitos de outros fatores de ameaça já identificados, como as alterações dos usos do solo (resultando na fragmentação ou destruição de habitats), na introdução de espécies exóticas invasoras, entre outros (CMA, 2011b).

Juntamente à PPAFCC, acrescem as zonas de REN, RAN e DPH que, ao formar uma rede de áreas e corredores ecológicos, que facilitam a movimentação das espécies e a troca genética entre populações e garantem a resiliência dos habitats, contribuindo para a manutenção da biodiversidade em Almada. O somatório das áreas da PPAFCC, REN e RAN, que fazem parte da Rede Fundamental de Conservação da Natureza, representa 39% da área do concelho, indicando um grande potencial para a conservação. As áreas naturais do concelho destacam-se não só pela sua dimensão e por estarem distribuídas de forma a formarem “*stepping-stones*” para a fauna e

flora local, mas também por incluírem espécies e comunidades típicas da região mediterrânica (CMA, 2011b).

Toda a área do Sistema de Vales da Sobreda e Charneca assenta num sistema hídrico muito rico, que constitui uma importante unidade de conservação. Esta unidade mantém uma integridade ecológica muito relevante, com um grande potencial agrícola e, dada a sua localização, uma importância geográfica nas diversas conexões ecológicas na Península de Setúbal. Este sistema acompanha a rede de valas das freguesias da Sobreda, Charneca da Caparica e Feijó estando, por essa razão, associado aos valores resultantes da existência dessas linhas de água e de áreas de elevada permeabilidade de solos. Na zona da Cidade dos Vales, destacam-se parcelas remanescentes de vegetação com maior interesse de conservação. No entanto, os corredores ecológicos presentes são descontínuos e encontram-se pontualmente estrangulados por construções urbanas (CMA, 2012c).

5.3.3 Solos

Existem tipos de solo bastante diferentes, variando de acordo com a sua localização, o tipo de rocha que o originou e a história geológica do local, que resultam de transformações das rochas subjacentes por ação de fatores, como o clima da região, a quantidade de matéria orgânica disponível, a vegetação que o recobre, a presença de seres vivos e o tempo necessário à sua formação.

Na zona da Cidade dos Vales estão presentes, principalmente, dois tipos distintos de solos, como se pode constatar na Figura 5.10 apresentada de seguida.

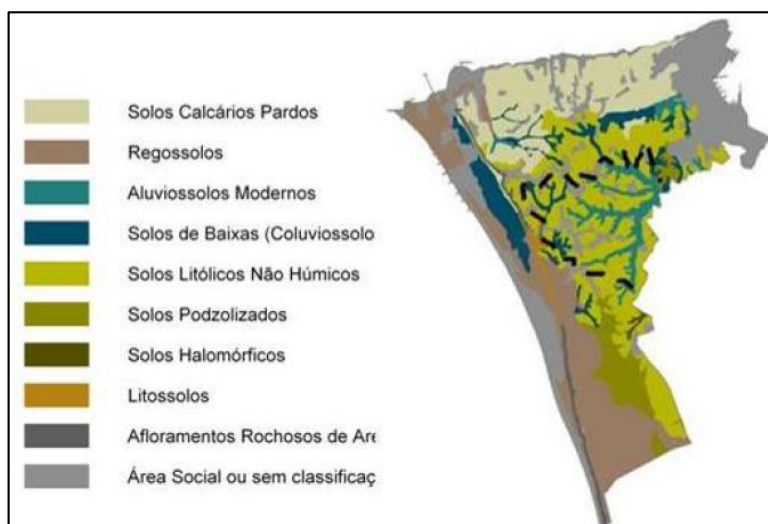


Figura 5.10 - Carta de Solos do concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2012a).

Associado ao sistema hídrico, encontram-se os **Aluviossolos Modernos**, constituídos por depósitos estratificados de aluviões, considerados solos de elevada aptidão agrícola e elevado valor ecológico. Estes solos desenvolvem-se, principalmente, sobre as formações aluvionares resultantes da sedimentação de materiais provenientes dos horizontes superficiais de outros solos e/ou de materiais litológicos erodidos e arrastados pelas águas fluviais, sendo particularmente abundantes na zona de Vale Figueira, Vala do Guarda-Mor, Regateira e Sobreda. Na restante parte da unidade dominam os solos **Litólicos Não Húmicos**. Estes solos são pouco evoluídos e pobres em húmus, o que lhes confere menor capacidade de uso e, como tal, são ocupados maioritariamente para uso urbano, com algumas manchas de uso florestal (HIDRA, 2012).

O valor ecológico dos solos está dependente da sua produtividade. A constituição e estrutura dos solos confere-lhes uma elevada capacidade de retenção e disponibilização de água e de nutrientes, tornando-os adequados à produção de biomassa. Na Figura 5.11 apresenta-se a carta de solos de elevado valor ecológico do concelho de Almada, onde se destaca claramente os solos associados às cinco linhas de água que fazem parte do sistema hídrico da Cidade dos Vales. O seu elevado valor ecológico deve-se, principalmente, à impossibilidade de, a partir de certo ponto de degradação, repor artificialmente o seu potencial.

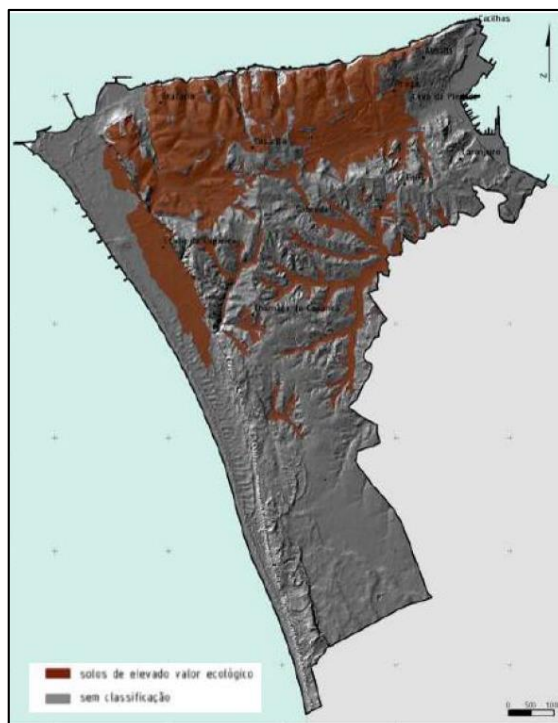


Figura 5.11 - Carta de Solos de Elevado Valor Ecológico do concelho de Almada. (Fonte: CMA, 2011b).

5.3.4 Espaços livres e Áreas verdes

Esta unidade de paisagem é caracterizada pela presença de importantes áreas verdes no interior das áreas mais edificadas e um conjunto de valas acompanhadas por vegetação ripícola, que constituem uma rede de espaços e corredores verdes de grande valor para a continuidade ecológica do concelho. Assim, estes espaços verdes devem ser mantidos e protegidos da ocupação urbana. Os espaços livres são caracterizados como (CMA, 2012c):

- Grandes áreas livres que formam os corredores destinados a espaços verdes existentes e previstos;
- Áreas não edificadas e sem alvará ou loteamento aprovado.

A Figura 5.12 apresentada de seguida mostra a área livre (áreas sem ocupação/edificação) na zona da Cidade dos Vales. Representado a castanho encontram-se as áreas que pelas suas características naturais podem ser integradas em solo rural; a verde estão assinaladas as áreas livres com potenciais funções ecológicas urbanas. Estas áreas não ocupadas representam importantes áreas a ser trabalhadas, pois terão o potencial de conferir unidade e coesão ao território.



Figura 5.12 - Extrato da Carta das Áreas livres na zona da Cidade dos Vales. (Fonte: CMA, 2012c).

- *Áreas agrícolas*

No Sistema de Vales da Charneca da Caparica e Sobreda, é definido um mosaico de áreas agrícolas e florestais, muito retalhado e variado, que acompanha a rede de linhas de água existente. Atualmente, as áreas agrícolas da Cidade dos Vales encontram-se restringidas às linhas de água e ao seu sistema húmido, como se pode ver pela Figura 5.13, com campos agrícolas de agrosilvilcultura, algumas culturas de regadio como pequenas hortas e pomares, mas também olivais e culturas arvenses (culturas anuais como trigo, cevada e milho) (CMA, 2012a).

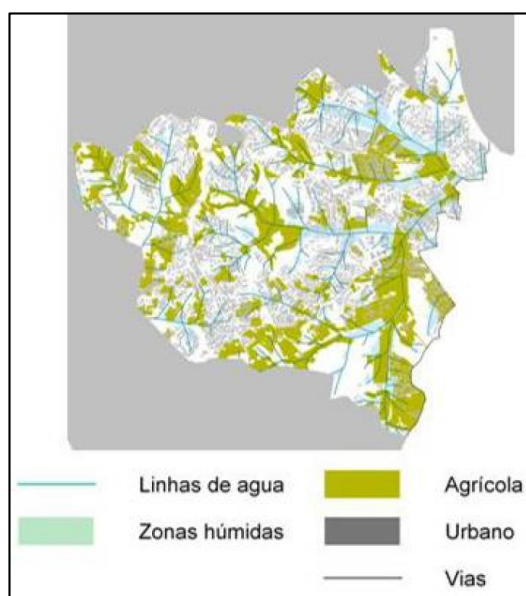


Figura 5.13 - Extrato da Carta das Áreas agrícolas associadas ao sistema húmido da Cidade dos Vales. (Fonte: CMA, 2012a).

- *Parques e Jardins*

No contexto ambiental atual, os espaços verdes urbanos são os grandes responsáveis pela biodiversidade no centro das cidades, sendo este o maior indicador de sustentabilidade do sistema urbano. Além do uso de lazer e de estadia que estes espaços verdes proporcionam e da melhoria da qualidade de vida das populações que deles usufruem, também privilegiam a participação dos utilizadores em atividades de sensibilização ambiental, dinamização lúdica, cultural e desportiva.

No âmbito dos estudos de caracterização realizados ao abrigo da revisão do PDMA, foram propostos vários parques e jardins para a zona da Cidade dos Vales, com o intuito de fornecer coesão à zona e promover a conectividade concelhia e intermunicipal. Os parques propostos para a zona são: Parque Urbano dos Medronheiros, Parque Ecológico da Sobreda, Parque Verde da Quinta do Guarda-Mor e Parque Urbano da Charneca, sendo que um deles já se encontra construído e acessível ao público – o Parque Multiusos da Sobreda (Quinta do Bom Retiro), inaugurado em 2009, que conta com cerca de 7 hectares de área.

É ainda de destacar como “espaço livre”, a Quinta dos Medronheiros, com cerca de 44 hectares que alberga nos seus limites a bacia de detenção existente, com 1,2 hectares. É um espaço verde privado, com capacidade para albergar espaços de recreio e lazer, sob as condicionantes de ser uma área situada em zona de REN, com uma rede de esgotos domésticos existente, uma rede de esgotos pluviais prevista e uma linha de alta tensão (inferior a 60 kV).

5.4 Sistema Urbano e Cultural

5.4.1 Sistema Funcional

- *Habitações*

A zona da Cidade dos Vales estrutura-se a partir de um núcleo principal, o centro histórico da Sobreda, que deu origem à expansão da malha urbana, assim como por vários núcleos de Quintas, que se foram tendencialmente urbanizando em torno das vias e principais azinhagas. Os aglomerados densos dispõem-se sobre as cumeadas e alastram-se pelas vertentes até aos vales/linhas de água, onde dão lugar a uma ocupação agrícola e florestal.

Em termos morfológicos esta área reporta-se, predominantemente, a uma *Zona em Consolidação/Preenchimento*. Esta morfotipologia apresenta-se como uma área de crescimento intensivo abrangendo maioritariamente as freguesias da Sobreda e Charneca, apresentando-se como um território inacabado, desconexo e com acentuadas assimetrias, particularmente no interior, onde predominam os tecidos urbanos descontínuos, decorrentes dos processos de construção de génese ilegal. É uma área formada tipologicamente por contínuos de moradias mais ou menos extensos e em geral de baixa qualidade urbanística e arquitetónica.

Em particular, verifica-se uma correnteza de habitações junto às margens da linha de água da Vala da Regateira, numa área não adequada para o efeito, dado tratar-se de uma zona de REN e com potencial risco de inundação durante eventos de precipitação extrema.

- *Serviços, atividades económicas e equipamentos*

Na zona verifica-se a concentração de várias atividades económicas relevantes à escala municipal, bem como as instalações dos Serviços Operacionais da CMA. Existe também a implantação de empresas de base tecnológica, cuja proximidade à FCT-UNL, ao Madan Parque e as acessibilidades presentes, poderá levar ao aumento da implementação de empresas deste tipo ligadas à tecnologia e à investigação no território. Nos últimos anos verificou-se a criação de novos serviços e equipamentos de proximidade, como equipamentos escolares, desportivos, de cultura e recreio, saúde, segurança e outros, os quais por serem recentes se encontram dispersos na malha urbana, desfazendo qualquer hipótese de efeito agregador, obrigando a que a sua utilização esteja dependente do transporte individual (CMA, 2012c). No entanto, a médio e longo

prazo, esta aparente dispersão polarizada de atividades poderá estabelecer as bases para a constituição de centralidades locais/unidades de vizinhança, fundamentais para a formação de referenciais urbanos, de forma a dar uma maior resposta às necessidades da população e, nesta medida, limitar as necessidades de deslocação motorizada.

5.4.2 Sistema de Mobilidade e Acessibilidades

As infraestruturas lineares, como as vias rodoviárias, são responsáveis pela redução dos *habitats* disponíveis e pelo aumento da distância entre eles, criando quebras na conectividade entre o território. A rede viária existente na área de intervenção (representada na Figura 5.14, criada com recurso ao *software ArcGIS* a partir de cartografia disponibilizada pela CMA), sofreu uma alteração profunda com a construção do IC32/A33, uma via de carácter regional. Esta obra teve um impacto acentuado e introduziu ruturas no território devido ao alargamento não previsto de uma para três faixas rodoviárias por sentido (Figura 5.15 retirada do *Google Maps*) (CMA,2012c).

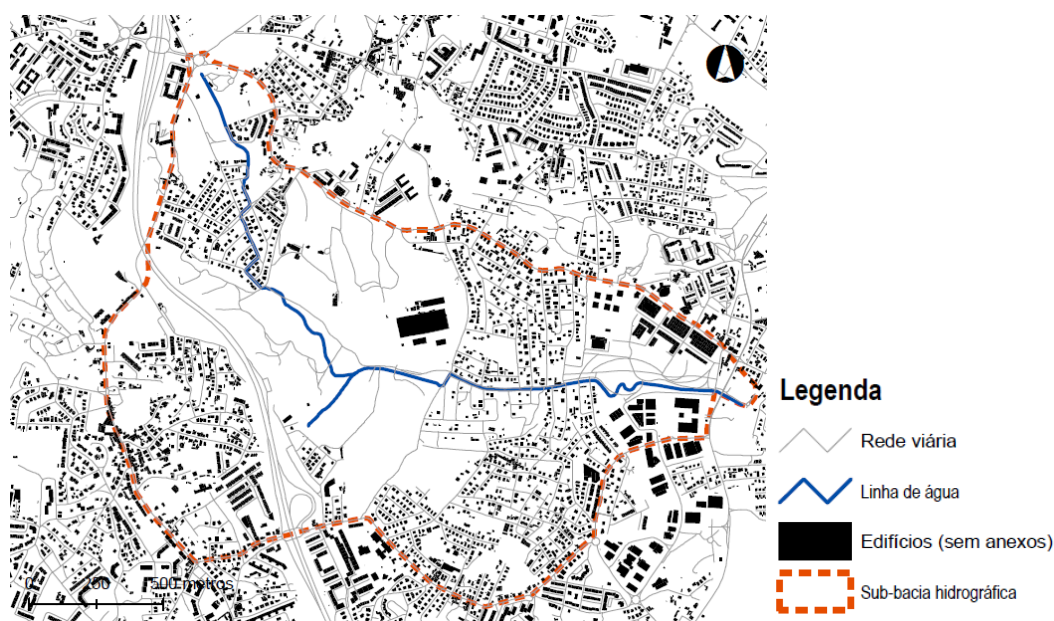


Figura 5.14 - Rede viária existente na área de estudo.



Figura 5.15 - Rutura linear causada pela autoestrada A33.

No sentido transversal à A33 desenvolve-se a via V1/V8, considerada a espinha dorsal do loteamento industrial da Sobreda, bem como da área da Cidade dos Vales. Paralelamente encontra-se prevista a execução da via V6, que fará a articulação entre o Monte de Caparica (nó do Hospital), com os núcleos da Sobreda e Charneca, entroncando na A33. Esta via permitirá o acesso direto a partir da Sobreda ao IC20, servindo a malha urbana mais interior da Sobreda bem

como a Quinta dos Medronheiros e a área industrial. Conclui-se que devem ser desenvolvidos estudos com o objetivo de integrar urbanisticamente estas infraestruturas viárias, de forma a minimizar os seus impactos (visuais e ambientais) e conferir coesão ao território.

Quanto à facilidade de transportes públicos, a zona é servida por algumas carreiras da rede de transportes públicos TST (Transportes Sul do Tejo, S.A.), no entanto, a zona encontra-se mal servida em termos de frequência de passagem de transportes. De acordo com o modo como a área é ocupada, a sua morfologia desorganizada e a inexistência de uma visão funcional sistémica e uma rede de transportes públicos eficaz, a utilização de modos suaves de transporte é muito deficitária, potenciando as deslocações em transporte individual e a dependência automóvel (Figura 5.16).



Figura 5.16 - Exemplificação da preferência pelo automóvel na zona. (Fonte: CMA, 2012c).

Assim, é de salientar que existe uma grande necessidade de melhoramento quer no serviço fornecido pelas redes de transportes públicos na zona, bem como a requalificação das vias e dos acessos pedonais ou que possam ser usados por meios de transporte suaves, como bicicletas.

5.4.3 Património Cultural

A identidade deste território está associada à sua génese e herança histórica. As quintas e o património cultural, bem como os vestígios da atividade agrícola, são elementos marcantes na memória coletiva das pessoas. O Núcleo Histórico da Sobreira apresenta-se como um elemento relevante ao nível da construção da memória coletiva desta área. Este núcleo rural apresenta uma tipologia de edificação assente sobretudo em construções de um ou dois pisos com beirado tradicional. Apesar de que algumas quintas se encontram abandonadas e degradadas, verifica-se em sentido oposto o facto de que outras quintas com características arquitetónicas singulares foram restauradas e reconvertidas para usos culturais e atividades de lazer, como é o caso do Solar dos Zagallos, também conhecido por Quinta dos Pianos, uma casa apalaçada do século XVIII com 11 500 m², recuperada pela CMA e transformada em Centro Cultural. Este equipamento cultural, em conjunto com a Academia de Música de Almada que lhe está anexo, está vocacionado para a promoção da cultura de modo a preservar a identidade local através de uma regular atividade cultural, onde se destacam as exposições, os concertos, os recitais e várias iniciativas para diversas idades e públicos-alvo (CMA, 2012c).

5.5 Riscos associados com expressão territorial

Como já foi referido, o concelho de Almada apresenta uma elevada suscetibilidade a inúmeros riscos. A Cidade dos Vales, apresenta principalmente vulnerabilidade a riscos como a ocorrência de cheias e inundações por precipitação intensa, ventos fortes, sismos, ondas de calor e de frio,

secas e movimentos de massa nas vertentes dos vales. Os riscos com expressão territorial, segundo o Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Almada (CMA, 2002), e a sua relação com os impactos das alterações climáticas são descritos na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Relação entre impactos das alterações climáticas e os riscos com expressão territorial. (Fonte: adaptado de CMA, 2002).

Impactos das Alterações Climáticas	Riscos com expressão territorial na Cidade dos Vales
Aumento dos picos de precipitação	- Inundação por precipitação intensa (RM); - Escoamento superficial forte levando a movimentos de massa (RM).
Aumento de temperatura e ondas de calor	- Ondas de calor (RN); - Secas (RN); - Incêndios Florestais (RM); - Poluição atmosférica grave com partículas e gases (RT).
Escassez de água e secas	- Secas (RN); - Degradação e Contaminação de Aquíferos (RM); - Degradação e Contaminação de Águas Superficiais (RM); - Erosão dos Solos (RM); - Degradação e Contaminação dos Solos (RM).

Nota: RN=Riscos Naturais; RM=Riscos Mistos (Tecnológicos e Naturais).

No entanto, os riscos mais consideráveis a ter em conta na área de estudo são os descritos de seguida:

- **Movimentos de massa**

A área de estudo apresenta, maioritariamente, declives suaves e não muito acentuados, no entanto, nos troços em que o solo é constituído por areias e/ou argila e apresenta uma escassez de vegetação, observam-se alguns movimentos de vertente que provocam a erosão do solo. Especificamente na Vala da Regateira (zona problemática), verificam-se frequentemente fenómenos erosivos com alguma expressão (Figura 5.17), como os abarrancamentos das margens, muito comuns durante eventos de elevado escoamento superficial de água, agravado devido à presença de solos arenosos e pouco consolidados (CMA, 2011b).



Figura 5.17 - Zona adjacente à Vala da Regateira, com abarrancamento das margens. (Fonte: CMA, 2011b).

Pelo contrário, nas zonas relativamente bem vegetadas da zona, embora se observem algumas dinâmicas erosivas de fraca intensidade, é visível uma maior estabilidade do solo e do substrato rochoso, mesmo quando os declives são acentuados, como na Vala da Charneca. Apesar de os

movimentos de massa nas vertentes dos vales também serem um risco que possa ser mitigado recorrendo ao uso de infraestruturas verdes, não é um risco que seja, por si só, agravado pelas alterações climáticas, pelo que não lhe será dada grande relevância nesta dissertação.

- *Efeito Ilha de Calor*

Segundo Alcoforado *et al.* (2009), a intensidade da ilha de calor depende da densidade de construção (quanto maior essa densidade e a altura dos edifícios, mais intenso é o efeito *ilha de calor* produzido), da abundância de vegetação, da emissão de calor pelas atividades humanas e das características dos materiais de construção e revestimento (presença de materiais que absorvem e armazenam o calor).

Os materiais de construção normalmente utilizados (cerâmicos, betuminosos, pedra) possuem uma inércia térmica bastante elevada, o que contribui para o crescimento da inércia térmica das próprias zonas urbanas, quando comparadas com as áreas naturais. As toneladas de cimento e asfalto presentes nos centros urbanos absorvem e irradiam calor, elevando as temperaturas das cidades durante o dia e, durante a noite, relativamente a áreas suburbanas ou parques, como se pode constatar pela Figura 5.18 (Malakoff *et al.*, 2016).

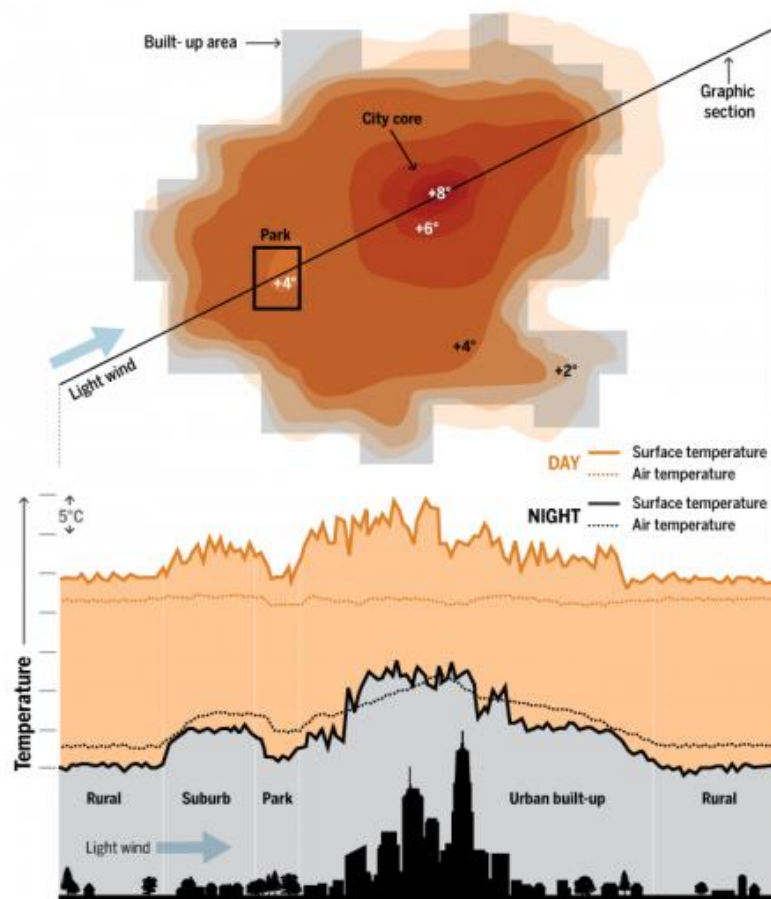


Figura 5.18 - Representação do efeito *Ilha de Calor* – comparação de diversas superfícies e das temperaturas atingidas em cada uma delas. (Fonte: Malakoff *et al.*, 2016)

A intensidade da ilha de calor varia de cidade para cidade, como analisado por Alcoforado *et al.*, 2009. Em Lisboa, por exemplo, a intensidade da ilha de calor noturna varia, em média, de 1 a

4°C; para o Porto, é indicada uma intensidade média de 2,8°C e, para Coimbra e Évora, de cerca de 1,5°C (Figura 5.19).

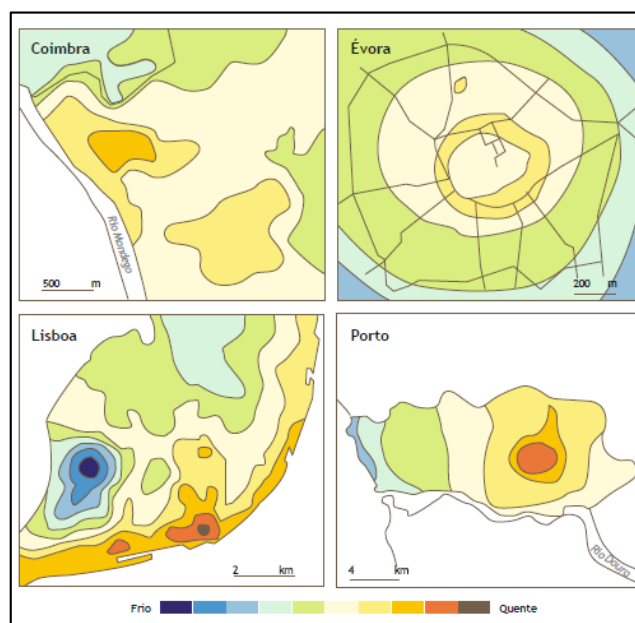


Figura 5.19 - Ilha de calor em diversas cidades portuguesas. (Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009).

Para o concelho de Almada, o aumento de ondas de calor fará com que os atuais 5 dias por ano com temperaturas muito altas (> 35°C), passem para mais de 30 dias por ano. Os efeitos do aumento da frequência de extremos de temperatura poderão provocar o aumento do número de mortes, em especial na população mais sensível, assim como o aumento de doenças cardiorrespiratórias devido à maior concentração de ozono troposférico. Estes impactos serão amplificados devido ao efeito de “ilha de calor urbana”, particularmente sentida no Verão e em áreas urbanas mais densas (CMA, 2011c).

É importante prever e acautelar estes aspetos num instrumento de gestão territorial como o PDMA, para responder a este duplo desafio de proporcionar um bom clima urbano e de reduzir os consumos de energia e emissões de CO₂. Este será um dos passos para criar um território eficiente energeticamente e ambientalmente, o que aumentará a resiliência do concelho de Almada. Assim, é importante propiciar espaços amplos que permitam aumentar o fator de visão do céu e facilitar o arrefecimento pelo vento e brisas atlânticas e ribeirinhas, restringir a impermeabilização dos solos (seja através da gestão da área de edificado e materiais utilizados, como pela recuperação e criação de novas áreas verdes), potenciar a criação de bacias de retenção proporcionando um aumento da capacidade de amenização climática, melhorar os critérios de qualidade de construção de edifícios (orientação preferencial, isolamento da envolvente, utilização de coberturas verdes) privilegiando os materiais mais refletivos, permeáveis e de maior inércia térmica (CMA, 2011c).

- ***Cheias e Inundações***

Por fim, o risco de cheias e inundações por picos de precipitação intensa será o mais aprofundado neste estudo, de forma a avaliar o contributo do uso de infraestruturas verdes na adaptação a riscos derivados das alterações climáticas. É importante realçar que o aumento das áreas impermeáveis no interior do concelho, onde a permeabilidade é mais elevada, leva à diminuição da alimentação do aquífero, aumentando também o risco de inundações. O escoamento superficial elevado provoca picos de cheia quando o seu tempo de residência nos canais de escoamento é muito

pequeno, situação particularmente danosa quando a drenagem natural é insuficiente. As alterações já observadas nos extremos de precipitação implicam importantes mudanças na forma como as cidades realizam a sua drenagem, dando origem a frequentes inundações urbanas nas zonas mais baixas da cidade (CMA, 2011b).

Algumas ideias e soluções que promovem a resiliência da zona neste aspeto serão a troca de superfícies impermeáveis por permeáveis, a criação de coberturas verdes, criação de zonas de infiltração de água, zonas dedicadas à agricultura, reabilitação de corredores ecológicos e a renaturalização das linhas de água que poderão proporcionar novos percursos de usufruto da natureza, que serão mais aprofundadas no capítulo 7, 8 e 9.

5.6 Diagnóstico prospetivo da zona

Assim, após feita uma abordagem à situação de referência presente na Cidade dos Vales, é possível fazer um diagnóstico prospetivo da zona de forma a sintetizar os pontos encontrados que podem ser designados como: áreas problema, áreas oportunidade e áreas com ameaças / constrangimentos (Tabela 5.3). Esta análise permitirá elaborar uma estratégia de intervenção adequada às situações presentes na zona de estudo.

Tabela 5.3 - Diagnóstico prospetivo da zona: áreas problema, áreas oportunidade e áreas com ameaças e constrangimentos

Áreas problema
<ul style="list-style-type: none"> • Construção clandestina de AUGI e NLD; • Espaço público desqualificado; • Construção sobre margens da linha de água; • Solos de máxima infiltração impermeabilizados; • Falta de uma boa rede de acesso a transportes públicos; • Caminhos pedonais e cicláveis degradados.
Áreas oportunidade
<ul style="list-style-type: none"> • Elevada folga urbanizável; • Elevada percentagem de AUGI legalizadas; • Existência de um conjunto de equipamentos construídos para usufruto da população (Jardim Urbano, Escolas, Pista de atletismo, Solar dos Zagallos); • Proximidade de acesso a vias de hierarquia superior (A33); • Potenciais áreas agrícolas ao longo das valas; • Áreas com potencial de requalificação.
Ameaças e constrangimentos
<ul style="list-style-type: none"> • Processos de reconversão de AUGI e NLD com dificuldades em avançar ou estagnados devido a problemas de conjuntura económica; • Défice na rede de transportes coletivos continuando o carro a ter um peso preponderante neste território; • Atrasos nos processos de reconversão poderão bloquear o processo de reordenamento da malha urbana, ou da rede viária.

6 Delimitação das Zonas Ameaçadas pelas Cheias

Como referido no capítulo 3 da presente dissertação, consideram-se como “zonas ameaçadas pelas cheias” (ZAC), ou “zonas inundáveis”, as áreas suscetíveis de inundação por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados. A delimitação destas zonas é efetuada através de modelação hidráulica e hidrológica que permita o cálculo das áreas inundáveis com um período de retorno de 100 anos, a partir da observação de marcas ou registos de eventos históricos, de dados cartográficos e de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos.

Segundo definição da CCDR-LVT (2015), o leito dos cursos de água consiste no terreno coberto pela água, não influenciado por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades, já as margens são constituídas pela faixa contígua, ou sobranceira, à linha que limita o leito das águas, com largura legalmente estabelecida. A largura das margens encontra-se estabelecida na Lei da Água (Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho), assumindo o valor de 10 metros, para cada lado do limite do leito, em águas não navegáveis nem fluviáveis, como se encontra representado na Figura 6.1.

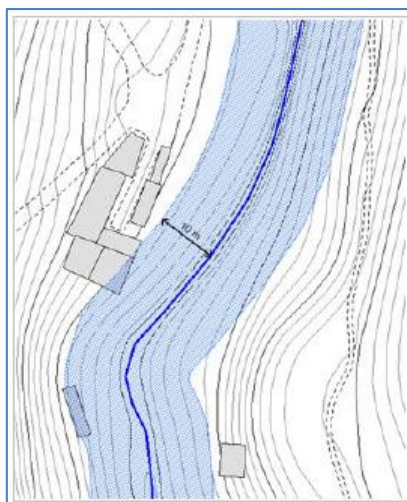


Figura 6.1 - Delimitação das margens dos cursos de água. (Fonte: CCDR-LVT, p.131, 2015).

As atuais zonas de REN de Almada foram elaboradas de acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 93/1990, de 19 de março, estando em progresso a sua redefinição por parte da CMA no momento de redação deste estudo, à luz do atual quadro legislativo e dos atuais conhecimentos. Assim, considerou-se que os dados obtidos da REN se encontram desatualizados, pelo que não seriam plenamente representativos dos ecossistemas atuais a intervir, mais concretamente, tanto as zonas de máxima infiltração, como as faixas de proteção à linha de água (que incluem as ZAC) estão desatualizadas. Assim, optou-se por fazer uma delimitação destas zonas, tendo em conta a informação disponível, mais adequada à realidade do cenário.

Primeiramente, procedeu-se à realização de um estudo hidrológico da zona da Vala da Regateira de forma a analisar as características de drenagem e condições de escoamento na sub-bacia.

De seguida, recorreu-se ao *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) – *ArcGIS* 10.2 – para o processamento das variáveis escolhidas e, para o tratamento e exposição dos resultados. A partir das curvas de nível e dos pontos cotados do território, foi criada uma TIN (*Triangulated Irregular Network*, ou Rede Triangular Irregular), que deu origem ao Modelo Digital do Terreno (MDT). O MDT obtido permitiu a criação dos mapas de altitude, declives e exposição das vertentes, recorrendo ao *software ArcGIS* (apresentados na análise do relevo da sub-bacia efetuada no Estudo Hidrológico), bem como a identificação da bacia e caracterização da sub-bacia hidrográfica em estudo.

Recorreu-se ao uso do *software ArcGIS* de forma a ter uma aproximação das áreas potencialmente inundáveis numa zona de estudo em pormenor (designado daqui em diante por *setor pormenor*), apresentada na Figura 6.2 (retirada do *Google Maps*) e na Figura 6.3 (criada em *AutoCAD*). Tendo em conta a atual zona definida na REN e, em conjunto com as cartas de uso do solo, litologia e edificado, foi possível estimar, da melhor forma possível, as zonas ameaçadas por cheias (ZAC) no setor pormenor.



Figura 6.2 - Fotografia aérea do setor pormenor para cálculo das ZAC.

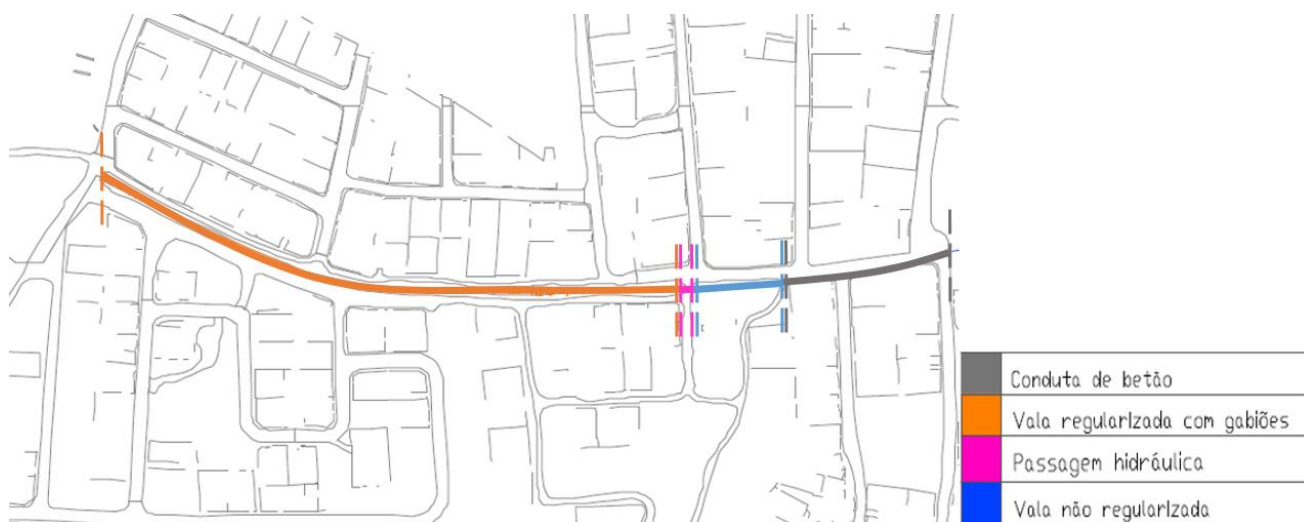


Figura 6.3 - Troços identificados no setor pormenor para cálculo das ZAC.

De acordo com a Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações, as cartas de zonas inundáveis cobrem as zonas geográficas suscetíveis de ser inundadas, de acordo com os seguintes cenários:

- Fraca probabilidade de cheias ou cenários de fenómenos extremos;
- Probabilidade média de cheias (periodicidade provável igual ou superior a 100 anos);
- Probabilidade elevada de cheias, quando aplicável.

Para cada um dos cenários referidos, devem indicar-se os seguintes elementos:

- Amplitude da inundação;
- Profundidades ou nível de água, quando aplicável;
- Velocidade da corrente ou o caudal da cheia correspondente, quando aplicável.

As cartas de riscos de inundações devem indicar as potenciais consequências prejudiciais associadas às inundações, expressos em termos de:

- Número indicativo de habitantes potencialmente afetados;
- Tipo de atividade económica da zona potencialmente afetada;
- Instalações relativa à prevenção e controlo integrados da poluição, que possam causar poluição accidental em caso de inundações, e zonas protegidas potencialmente afetadas;
- Outras informações úteis, como a indicação das zonas onde podem ocorrer inundações que arrastem um elevado volume de sedimentos e detritos, e/ou outras fontes importantes de poluição.

6.1 Estudo Hidrológico

6.1.1 Condições de escoamento na sub-bacia da Regateira

Atualmente, os troços da Vala da Regateira são frequentemente limpos de vegetação e entulhos e, as suas seções regularizadas, de forma a facilitar o escoamento no interior da vala, não ocorrendo alagamento das margens, de tal forma que não existe registo de cheias na zona de estudo. No entanto, tendo em conta o âmbito da dissertação, e considerando o agravamento das precipitações, para um

período de retorno de 100 anos, importa proceder ao estudo hidrológico da zona e avaliar as condições de escoamento presentes através da análise das condições geométricas da bacia, do sistema de drenagem, do relevo, da geologia, dos solos e da vegetação.

A análise das cheias e a avaliação da suscetibilidade a inundações pressupõem sempre o estudo da bacia hidrográfica, assim torna-se importante a delimitação e caracterização desta bacia, de forma a compreender o seu comportamento e a forma como esta responde perante fenómenos de extrema precipitação. Do ponto de vista hidrológico, uma situação de cheia, numa secção de um curso de água, acontece sempre que a precipitação origina escoamento superficial direto. Para proceder ao estudo hidrológico desta sub-bacia foram usados, entre outros, os seguintes recursos:

- Plano estratégico de drenagem de águas residuais do concelho de Almada (PED) – para proceder à delimitação da bacia de drenagem;
- Projeto de execução da renovação da rede de abastecimento de água, drenagem doméstica e pluvial e regularização da Vala da Sub-Bacia da Regateira - Charneca da Caparica – para obter dados relativamente à bacia hidrográfica e valores de caudais.
- O desenho nº 07 do projeto de execução anterior com a designação: “Vala da Regateira – Troço a Intervir – Planta de Implantação e Cortes transversais” – para obter valores de cotas e perfis transversais do curso de água.
- Livro “*Lições de Hidrologia*” (Lencastre & Franco, 2010) – para definições de fórmulas, expressões e valores de coeficientes.

Face ao disposto no PDMA, encontra-se prevista a “retenção” da malha urbana e não a sua “expansão”, pelo que se considera que não haverá alterações significativas no aumento da área urbana impermeabilizada da zona.

É também de referir que a montante da Vala da Regateira existe uma bacia de retenção de água, cuja presença não pode ser ignorada, fundamentalmente no que diz respeito à análise do comportamento do escoamento da água e o efeito que esta zona de retenção de água tem sobre o caudal afluente à cabeceira da Vala da Regateira.

- *Características geométricas*

No que diz respeito à geometria de uma bacia hidrográfica existem quatro componentes relevantes a ter em conta: a área (A), o perímetro (P), o comprimento (L) do curso de água principal e a forma da bacia. Neste caso, assumiu-se o comprimento do curso de água principal (L_{CAP}) como correspondendo ao comprimento da bacia.

A sub-bacia hidrográfica da Vala da Regateira tem uma área total de cerca de **2,62 km² (262 ha)** e um perímetro de 7,5 km, encontrando-se limitada a norte pela sub-bacia da Sobreira, a sul pela sub-bacia de Vale Rosal, a ocidente pela bacia da Caparica e a oriente pela vala da Charneca, como se encontra representado na Figura 6.4.

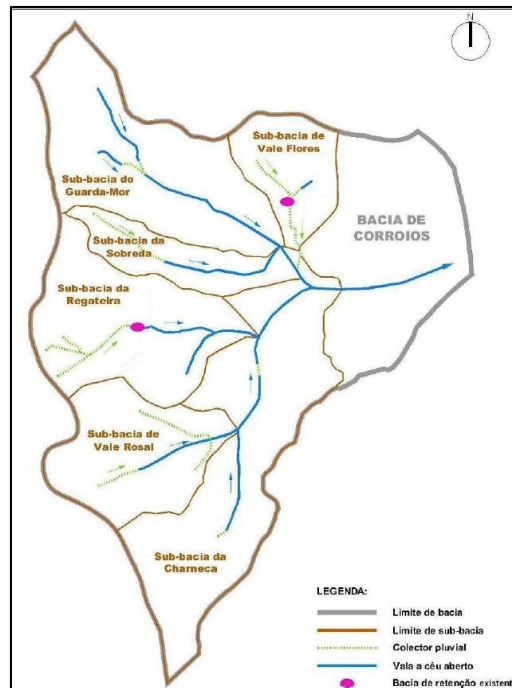


Figura 6.4 - Principais sub-bacias e cursos de água pertencentes à bacia de Corroios. (Fonte: HIDRA, 2012).

A área e a forma da bacia são características muito importantes no estudo de uma bacia hidrográfica, pois quando os restantes fatores se apresentam em igualdade, as bacias com uma maior área, produzem caudais de ponta mais elevados.

Existem vários índices para determinar a forma de uma bacia hidrográfica, como o Fator de Forma (K_f), o Índice de Conformação (I_c) e o Coeficiente de Compacidade (ou índice de Gravelius) (K_c).

O **fator de forma**, K_f , é dado pela relação entre a largura média da bacia (l) e o comprimento axial da bacia. Considera-se como comprimento da bacia, o comprimento do curso de água principal (L). A largura média da bacia é obtida pela divisão da área da bacia pelo comprimento do CAP. A fórmula para calcular o fator de forma é apresentada na Equação 1:

Equação 1 - Fórmula usada para calcular o fator de forma, K_f , da sub-bacia

$$K_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Para duas bacias com a mesma área, a que tiver um K_f mais baixo estará menos sujeita a cheias do que a que tiver um K_f mais elevado. Segundo Júnior *et al.* (2012), o fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75: sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50: tendência mediana;
- <0,50: menor tendência a enchentes.

O **índice de conformação**, I_c , representa a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia, expressando a capacidade da bacia em gerar enchentes. Quanto mais próximo de 1, maior a propensão a cheias, pois a bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado e com maior concentração de fluxo. No entanto, pode assumir valores acima e abaixo de 1. Este índice pode ser expresso pela Equação 2:

Equação 2 - Fórmula usada para calcular o índice de conformação, I_c , da sub-bacia

$$I_c = \frac{A}{L^2} = \frac{2,62}{3,53} = 0,21$$

O fator de forma e o índice de conformação da sub-bacia da Regateira registam um valor de **0,21** que corresponde a “menor tendência a enchentes”.

O **coeficiente de compacidade**, K_c , é dado pela relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, de raio r , sendo, portanto, adimensional. Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais circular é a bacia e maior será a probabilidade de esta sofrer grandes cheias. É obtido pela Equação 3:

Equação 3 - Fórmula usada para calcular o coeficiente de compacidade, K_c , da sub-bacia

$$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Os valores podem-se integrar na seguinte gama de valores:

- 1,00 – 1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50: bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- > 1,50: bacia com menor propensão a grandes enchentes.

O **coeficiente de compacidade obtém um valor de 1,30**, correspondente a “bacia com tendência mediana a grandes enchentes”.

Uma vez que K_f e I_c expressam a tendência de uma bacia a sofrer cheias e o K_c expressa a dimensão da cheia, estes índices são complementares. Os valores obtidos relativamente à forma da bacia, indicam que esta tem uma forma algo próxima de uma bacia circular, no entanto, com menor perigosidade de uma. Os valores de K_f e I_c revelam que há uma menor tendência à ocorrência de cheias, mas no caso de estas ocorrerem, K_c revela que existe uma tendência mediana para que estas sejam de grandes dimensões.

• *Sistema de Drenagem*

Segundo consta no relatório da FASE (2016), a rede de drenagem existente na sub-bacia, com uma extensão total de 67 km, é constituída por zonas com:

- sistemas de drenagem separativos, constituídos por troços de drenagem paralelos em que um drena águas residuais e outro as águas pluviais – representativo de 95% do sistema de drenagem da sub-bacia;
- sistemas (aparentemente) unitários em que existe apenas um coletor único que poderá, ou não, receber ambos os tipos de drenagem residual e pluvial.

A rede de drenagem pode ser caracterizada pela hierarquia, pela magnitude, pela densidade de drenagem, pela densidade hídrica, pelo coeficiente de torrencialidade e pelo percurso médio do escoamento superficial.

O critério proposto por Horton (1932) e modificado por Strahler (1952) procura classificar o **grau de ramificação**, ou bifurcação, de uma bacia hidrográfica. Segundo esta classificação, a sub-bacia da Regateira possui **ordem 3**. No que diz respeito à **magnitude** (M) na bacia de drenagem, sob condições geomorfológicas e climáticas similares, o escoamento depende, em grande parte, do número de cursos de água nelas existentes. A magnitude de um curso de água é igual ao número de cabeceiras que lhes são tributárias, ou seja, corresponde ao número de canais de ordem 1; neste caso,

a **magnitude é de 11**. Na Figura 6.5 pode-se observar a rede de drenagem da bacia, hierarquizada segundo o critério de Strahler (1952).



Figura 6.5 - Ordem dos cursos de água, segundo critério de Strahler (1952).

A **densidade de drenagem** (λ) exprime a relação entre o comprimento total de todos os cursos de água presentes na sub-bacia (L_{total}), e a sua área (Equação 4). Fornece uma indicação da eficiência da drenagem natural da bacia, sendo estas mal drenadas para valores de $0,5 \text{ km/km}^2$ e excecionalmente bem drenadas para valores de $3,5 \text{ km/km}^2$, ou superiores. Em igualdade dos restantes fatores, as bacias com maior densidade de drenagem tenderão a estar menos sujeitas a cheias do que bacias com menor densidade de drenagem.

Equação 4 - Fórmula usada para calcular a densidade de drenagem, λ , da sub-bacia

$$\lambda = \frac{L_{total}}{A} = \frac{8,45}{2,62} = 3,23 \text{ km/km}^2$$

A **densidade hídrica** (Dh) representa a capacidade que a área tem em gerar novos cursos de água. Obtém-se a partir da relação entre o número total de cursos de água e a área da bacia. Segundo o critério de Strahler (1952), o número de cursos de água corresponde aos de ordem “1”, portanto à magnitude. Assim, vem pela Equação 5:

Equação 5 - Fórmula usada para calcular a densidade hídrica, Dh , da sub-bacia

$$Dh = \frac{M}{A} = \frac{11}{2,62} = 4 \text{ cursos de água/km}^2$$

Pelos valores obtidos, quer de densidade de drenagem, quer de densidade hídrica, verifica-se que a sub-bacia da Regateira é uma bacia bem drenada.

O **coeficiente de torrencialidade** (Ct) é um índice utilizado sobretudo em pequenas bacias, afetadas pelo escoamento pois o tempo de torrencialidade é mais reduzido. É obtido através do produto entre a densidade hídrica e a densidade de drenagem (Equação 6). A torrencialidade de uma bacia será tanto maior quanto mais elevado for o valor do índice.

Equação 6 - Fórmula usada para calcular o coeficiente de torrencialidade, Ct , da sub-bacia

$$Ct = \lambda \times Dh = 13,5$$

O **percurso médio do escoamento superficial** (\bar{P}_S) representa a distância média que a água da chuva teria que percorrer, caso o escoamento fosse em linha reta, desde o ponto de queda até ao curso de água mais próximo. É dado pela Equação 7:

Equação 7 - Fórmula usada para calcular o percurso médio do escoamento superficial, P_s , da sub-bacia

$$\bar{P}_S = \frac{A}{4L_{Total}} = \frac{1}{4\lambda} = 0,08 \text{ km}$$

Quanto menor for o percurso médio do escoamento superficial, maior a facilidade com que a água atinge a rede hidrográfica, logo maior a tendência para a ocorrência de cheias.

Por fim, uma vez que o valor da densidade de drenagem (λ) é elevado e, o percurso médio do escoamento superficial (\bar{P}_S) é reduzido, verifica-se que a sub-bacia da Regateira é uma bacia bem drenada.

- **Relevo**

Como descrito no PED de Almada (HIDRA, 2012), a sub-bacia da Regateira tem uma ocupação semirural, com percentagem de áreas impermeáveis em regra inferiores a 50%. Devido às velocidades induzidas pelos declives existentes, prevê-se que a regularização das linhas de água se processe com o recurso a pedra arrumada (gabiões ou colchões reno) com intercalação de bacias de retenção. É apresentado num estudo da empresa FASE, que alguns troços destas linhas de água se encontram sob leitos artificiais ou encanados devido à ocupação do solo por usos urbanos. Todavia, a existência destas valas e linhas de água, constitui um importante sistema de drenagem, que importa recuperar.

Segundo as diretrizes da HIDRA (2012), sempre que se proceda à conceção e traçado de uma estrutura de drenagem pluvial é preferível, sempre que possível, seguir a diretriz da vala existente, privilegiando o escoamento em vala a céu aberto e recorrendo a drenagem enterrada apenas em situações específicas de atravessamento de arruamentos e de áreas de construção. Na zona, a rede de drenagem pluvial foi elaborada de modo a não sobrecarregar a Vala da Regateira, pelo que se construiu uma bacia de retenção “a seco” (Figura 6.6), com cerca de 1 ha, destinada ao amortecimento dos caudais de ponta que afluem de montante através de um coletor. Este tipo de infraestruturas usadas no controlo do escoamento das águas pluviais normalmente não contém água e encontram-se integradas na paisagem. Quando ocorrem eventos de intensa precipitação, o escoamento superficial é encaminhado para estes locais onde a água é acumulada e, posteriormente, escoada de forma controlada.



Figura 6.6 - Bacia de retenção da sub-bacia da Regateira. (Fonte: HIDRA, 2012).

O relevo influencia determinantemente o comportamento de uma bacia, relativamente às cheias que nesta possam ocorrer. Alguns parâmetros que permitem a avaliação do relevo de uma bacia

hidrográfica são o perfil longitudinal, as altitudes máxima e mínima, a amplitude altimétrica, o declive médio do leito e o índice de rugosidade.

Do ponto de vista orográfico, a sub-bacia da Regateira desenvolve-se de montante para jusante na direção oeste-este, apresentando no extremo poente uma cota de 90 metros ($Z_{\text{máx}}$) e no extremo nascente uma cota de 30 metros (Z_{min}). O mapa de altitudes correspondente à sub-bacia da Regateira pode ser observado na Figura 6.7, criada em *ArcGIS* a partir de cartografia disponibilizada pela CMA.

A **amplitude altimétrica (ΔZ)** corresponde à diferença entre a altitude do ponto mais elevado da bacia e a altitude mínima (Equação 8). Neste caso:

Equação 8 - Fórmula usada para calcular a amplitude altimétrica, ΔZ , da sub-bacia

$$\Delta Z = Z_{\text{máx}} - Z_{\text{min}} = 90 - 30 = 60 \text{ m}$$

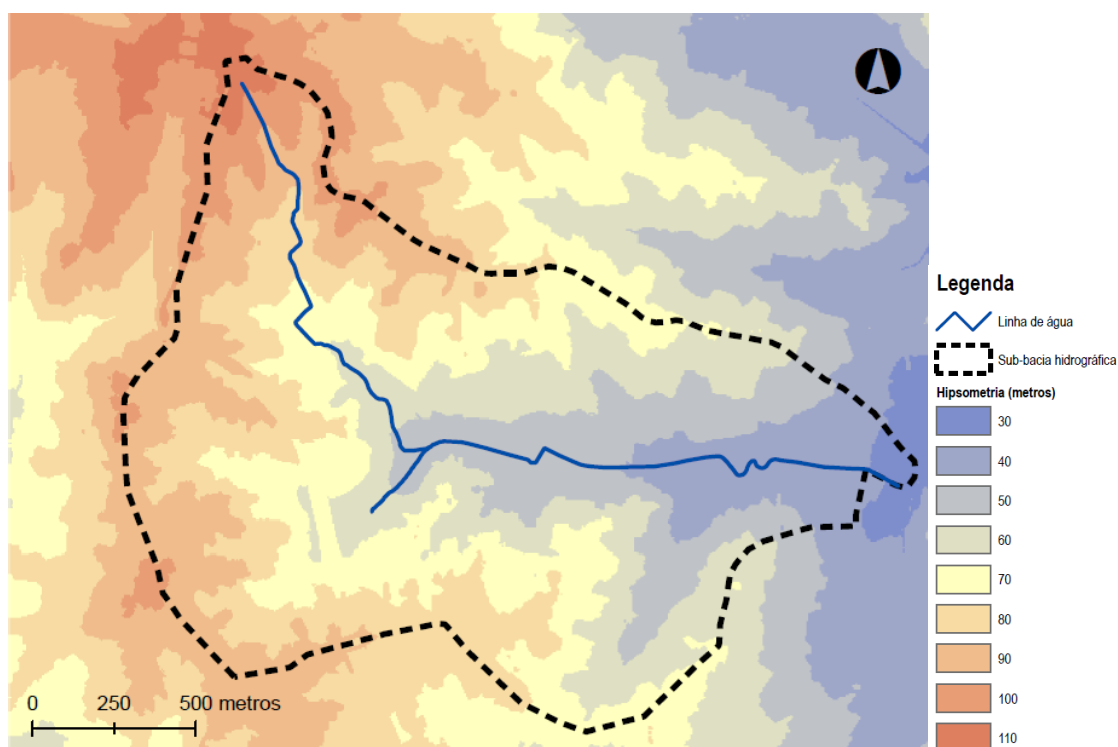


Figura 6.7 - Carta de Altitudes da sub-bacia da Regateira.

Este parâmetro tem influência sobre a energia potencial da água e, caso haja um aumento neste valor, haverá um aumento da velocidade de escoamento da água.

Quanto à exposição das vertentes (Figura 6.8), destaca-se o contraste entre dois grupos principais de exposições na área de estudo: um, constituído pelas orientações norte e este, a sul da linha de água e, a norte da linha de água, nota-se uma orientação predominantemente a sul.

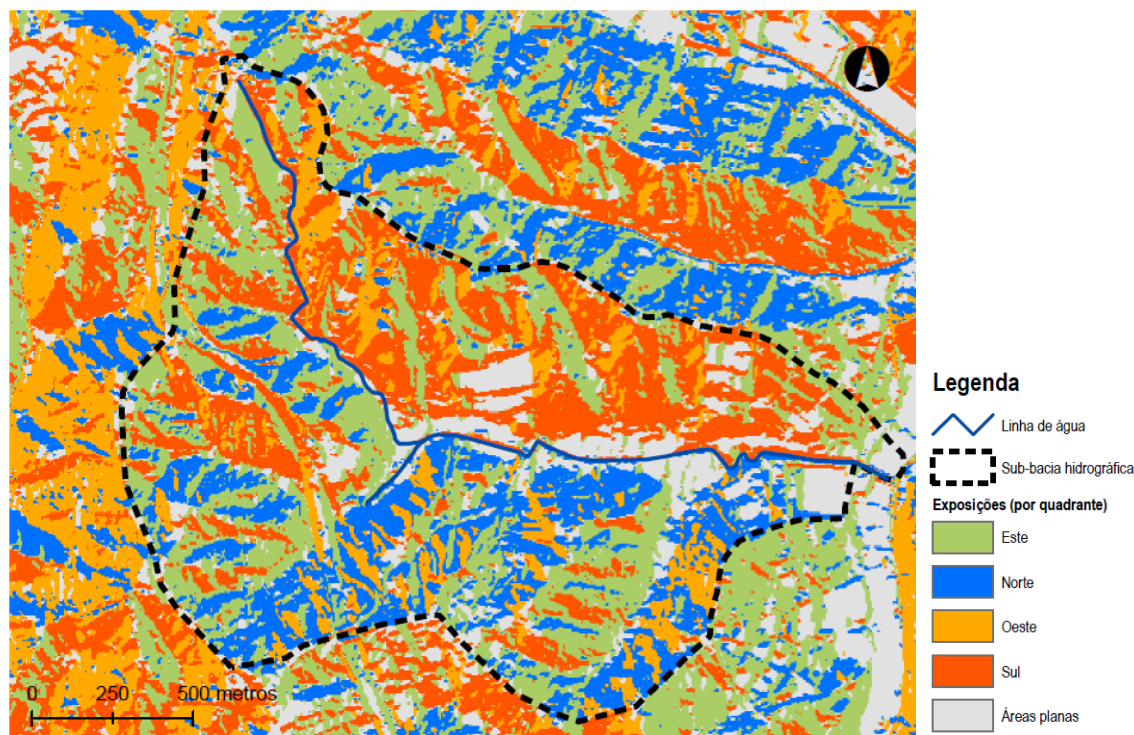


Figura 6.8 - Carta de Exposição de Vertentes da sub-bacia da Regateira.

A inclinação média, ou **declive médio** (D_m), entre duas secções obtém-se dividindo a amplitude altimétrica pela extensão do curso de água principal. Um curso de água será tanto mais inclinado quanto maior for o valor do declive. A fórmula usada para calcular o D_m é apresentada na Equação 9:

Equação 9 - Fórmula usada para calcular o declive médio, D_m , da sub-bacia

$$D_m = \frac{\Delta Z}{L_{CAP}} = \frac{60}{3528} = 0,017 \text{ m/m} = 1,7\%$$

O declive dos canais controla, em grande parte, a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, o tempo que a água leva a concentrar-se nos canais fluviais, afetando a grandeza das pontas de cheia, a infiltração e a suscetibilidade dos solos à erosão. É de referir que os SMAS usam o valor de 2,5% para o declive médio da zona de estudo, no entanto, devido à falta de conhecimento de como este valor foi calculado, optou-se por utilizar o valor calculado neste trabalho – 1,7%. Na Figura 6.9 pode ser observada a Carta de Declives da área de estudo, onde se confirma que o terreno junto à linha de água é planado e com declives suaves (inferiores a 3%), principalmente na metade do curso de água mais a jusante.

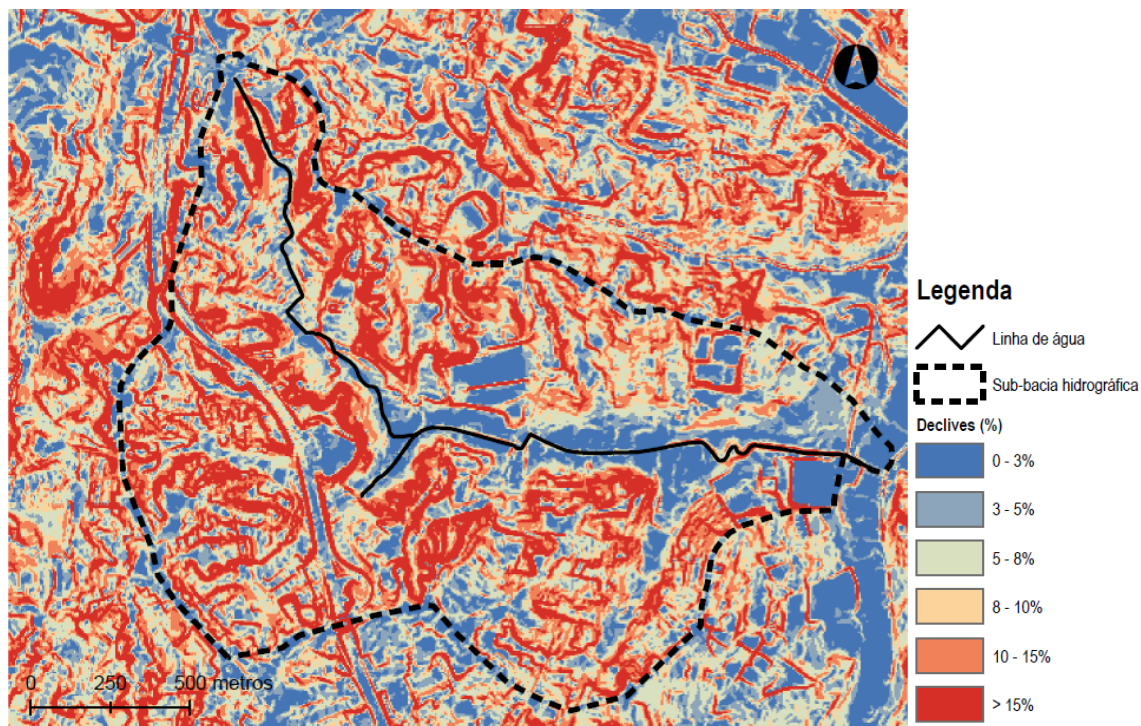


Figura 6.9 - Carta de declives da sub-bacia da Regateira.

O **índice de rugosidade** (I_r) de Melton (1957), combina o declive e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, resultando do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (Equação 10). Este índice será tanto maior quanto mais acidentada for a bacia.

Equação 10 - Fórmula usada para calcular o índice de rugosidade, I_r , da sub-bacia

$$I_r = \Delta Z \times \lambda = 60 \times 0,00323 = 0,19$$

Segundo Sousa e Rodrigues (2012), a sub-bacia da Regateira tem um índice de rugosidade fraco, indicativo de uma bacia pouco acidentada. Com o valor de declives a rondar os 2% e um índice de rugosidade baixo, verifica-se que o relevo da zona é suave e ondulado, quase plano, pelo que não é uma área com elevada probabilidade de ser assolada por cheias e é pouco suscetível a fenómenos de erosão.

• *Geologia e Solos*

Quando se analisa o substrato geológico no âmbito de um estudo de cheias, interessa conhecer fundamentalmente a permeabilidade dos solos, dado que a infiltração depende maioritariamente das características intrínsecas das rochas. Um substrato geológico muito permeável, favorece a infiltração da água pluvial, diminuindo o escoamento superficial direto e aumentando as reservas de água subterrâneas. Pelo contrário, um substrato geológico pouco permeável, dificulta a infiltração da água, favorece o escoamento superficial e potencia os caudais de ponta de cheia.

Nos afloramentos onde ocorrem camadas arenosas finas a grosseiras, há alguma infiltração da precipitação, surgindo por vezes aquíferos de pequena espessura e expressão, mas com pouca produtividade. A presença de argilas na série sedimentar reduz a infiltração, dificulta a percolação e diminui o armazenamento subterrâneo. Na Figura 6.10 é apresentada a carta representativa do substrato geológico da área de estudo e, na Tabela 6.1, vêm caracterizados os substratos geológicos presentes. Os substratos geológicos pertencem ao período Cenozoico, com a presença de depósitos do Pliocénico, Plistocénico e do Holocénico. É de destacar a elevada permeabilidade dos materiais

que constituem a maior parte da sub-bacia, favorecedor da infiltração de água no solo e diminutivo da probabilidade de ocorrência de grandes cheias.

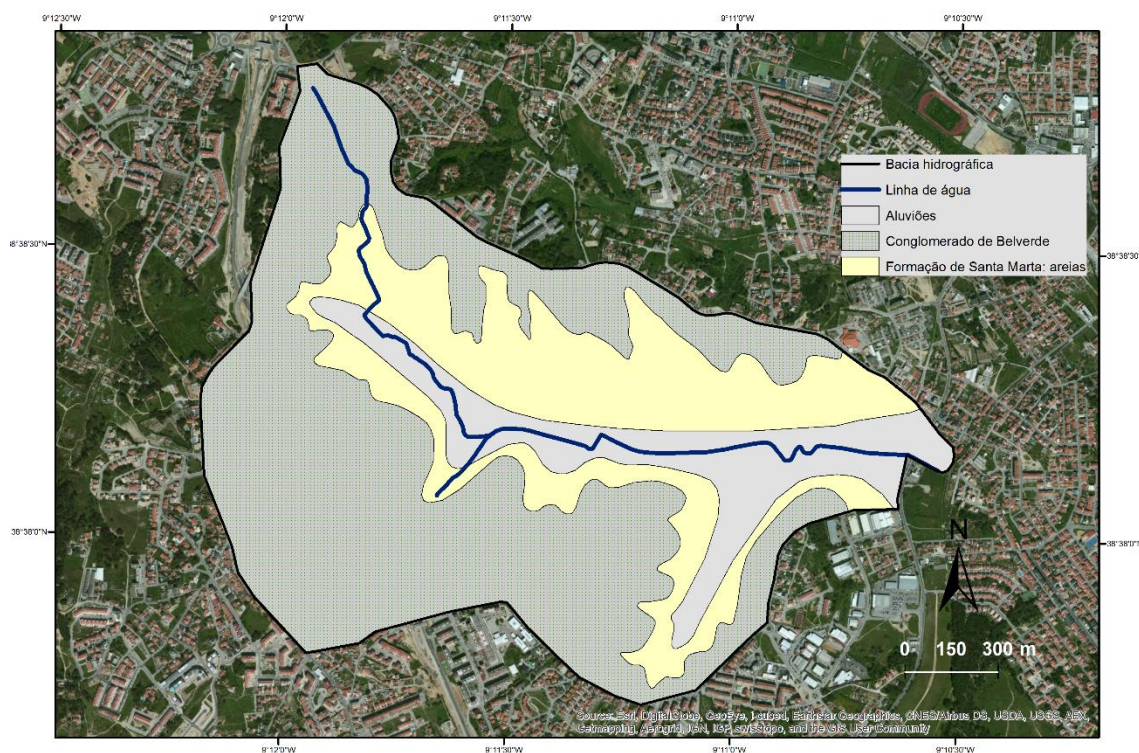


Figura 6.10 - Carta de substrato geológico da área de estudo.

Tabela 6.1 - Substratos geológicos presentes na sub-bacia da Regateira

Cenozoico	Quaternário	Holocénico	Aluviões → Conjunto de materiais arenosos soltos presentes nas linhas de água existentes no concelho.	Aluviões
		Plistocénico	Conglomerado de Belverde → Níveis de seixos separados por níveis arenosos. A sua espessura varia entre 5 e 10 m (fraca espessura); clastos dominados por quartzitos, quartzo e (raramente) sílex, rochas ígneas alteradas, arenitos e Xistos do Ramalhão.	Areia e conglomerados
	Neogénico	Pliocénico	Areias de Santa Marta → Constituído por areias e arenitos, em regra arcósicas, de granularidade e coloração variável, intercaladas por níveis argilosos. Espessura superior a 80 m.	Areia e argila

Quanto aos solos, como já foram apresentados no capítulo 5.3.3, na zona de estudo verifica-se a presença de **aluviossolos modernos** – constituídos por depósitos estratificados de aluviões, considerados solos de elevada aptidão agrícola, elevado valor ecológico e com uma permeabilidade muito elevada logo, com baixo potencial de escoamento superficial; e de solos **litólicos não húmicos** – solos menos permeáveis que os anteriores, mas ainda assim com permeabilidade relativamente elevada, desfavorecendo também o escoamento superficial direto. Estes solos são ocupados maioritariamente para uso urbano.

- **Vegetação**

O revestimento vegetal de uma bacia hidrográfica também tem influência no escoamento superficial e na infiltração da água no solo. A cobertura vegetal na sub-bacia em estudo é constituída principalmente por culturas arvenses de sequeiro e por pinheiros, bravos e mansos, como se pode verificar pela Figura 6.11 construída pela autora com recurso ao *software AutoCAD*, a partir da Carta de Vegetação do concelho de Almada. O facto de haver uma área considerável de cobertura vegetal, principalmente junto à linha de água, contribui para a infiltração da água no solo e para a diminuição das velocidades de escoamento superficial, reduzindo a probabilidade de ocorrência de grandes cheias e fenómenos de erosão.

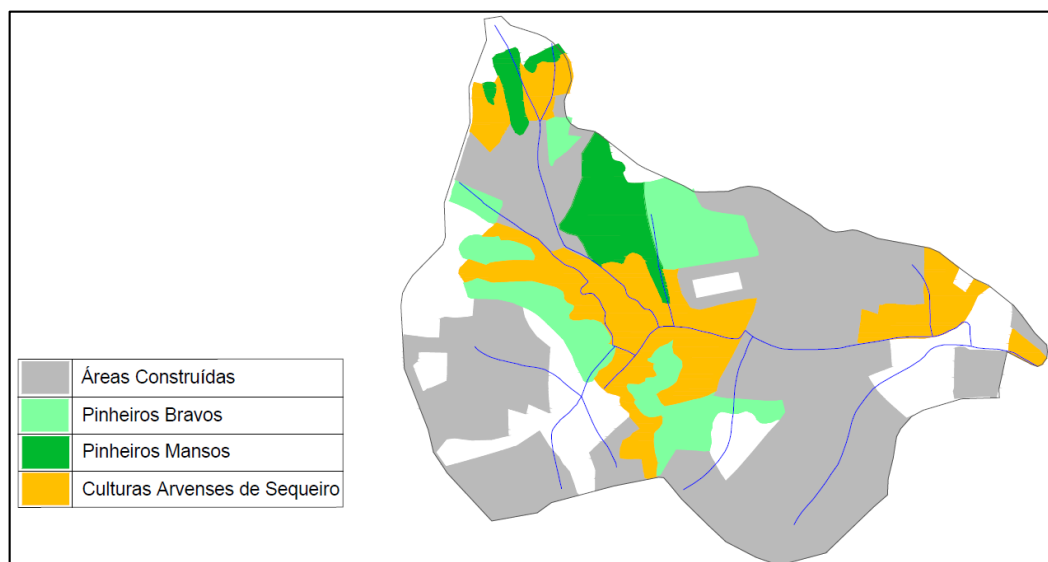


Figura 6.11 - Representação gráfica da cobertura vegetal presente na sub-bacia da Regateira.

As áreas correspondentes a cada tipo de vegetação vêm explícitas na Tabela 6.2. A sub-bacia apresenta 34% da sua área coberta por vegetação, verificando-se a predominância das culturas de sequeiro. Nota-se que a sub-bacia é fortemente impermeabilizada devido à área que se encontra construída – cerca de 66% da área total.

Tabela 6.2 - Áreas correspondentes à cobertura vegetal presente na sub-bacia da Regateira

Vegetação	Área	
	km ²	(%)
Culturas arvenses de sequeiro	0,43	16,4
Pinheiros bravos	0,31	11,8
Pinheiros mansos	0,15	5,7
TOTAL vegetação	0,89	33,9
TOTAL sub-bacia	2,62	100

- **Ocupação do solo**

A ocupação do solo é um fator variável, no entanto, também deve ser tido em conta num estudo de cheias. O tipo de utilização que se faz do solo tem importância nos fenómenos hidrológicos que ocorrem, principalmente no escoamento superficial e na infiltração. Nomeadamente, a presença de bosques e florestas favorece a infiltração da água no solo e reduz a velocidade do escoamento superficial, reduzindo a probabilidade de ocorrência de grandes cheias ou fenómenos de erosão. Já as áreas urbanas, completamente impermeabilizadas, atuam no sentido oposto, impedindo a

infiltração da água no solo, aumentando a velocidade do escoamento superficial, bem como a probabilidade de ocorrência de grandes cheias e fenômenos de erosão.

Na Tabela 6.3 vêm descritas as áreas classificadas segundo as classes de ocupação do solo na sub-bacia da Regateira, relativamente a dados de 2009 onde as áreas de AUGI da zona de estudo se encontram classificadas como “áreas edificadas fragmentadas”.

A Figura 6.12, criada pela autora em *AutoCAD*, apresenta essas mesmas áreas de ocupação do solo, relativamente ao ano de 2009.

Tabela 6.3 - Áreas correspondentes às classes de ocupação do solo na sub-bacia da Regateira

Classes de ocupação do solo	Área	
	km ²	(%)
Áreas edificadas fragmentadas	1,28	48,8
Matos	0,87	33,4
Povoamentos florestais	0,21	8,1
Áreas de indústria e logística	0,14	5,2
Áreas edificadas compactas	0,11	4,2
Áreas edificadas dispersas	0,01	0,4
TOTAL	2,62	100

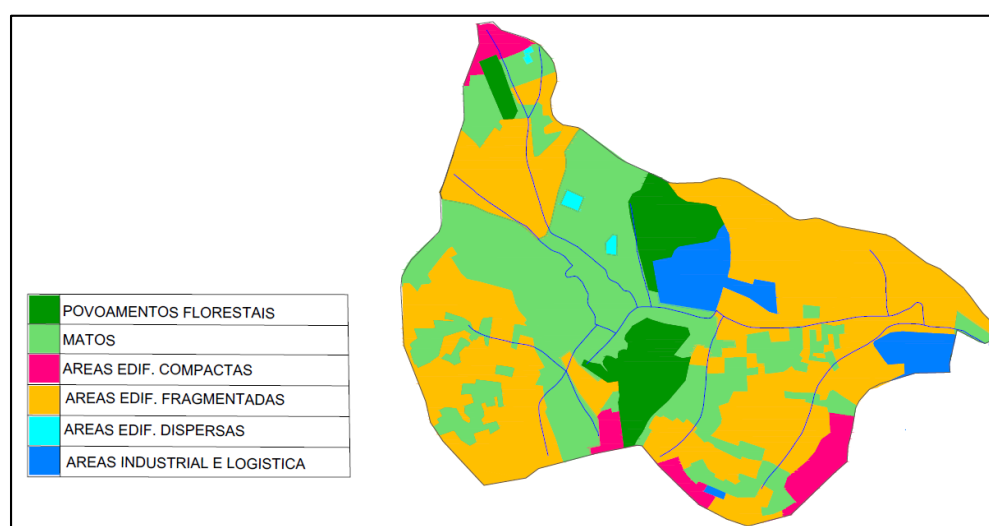


Figura 6.12 - Representação das áreas correspondentes às classes de ocupação do solo na sub-bacia da Regateira (dados de 2009).

Sendo a zona caracterizada por AUGI, verifica-se uma predominância de áreas edificadas fragmentadas, ocupando quase metade (50%) da sub-bacia, seguido pela presença de uma grande área de matos, principalmente devido à área da Quinta dos Medronheiros.

A Figura 6.13 apresenta as classes de ocupação de solo presentes na sub-bacia da Regateira, obtidas em *ArcGIS*, com dados mais recentes de 2015.

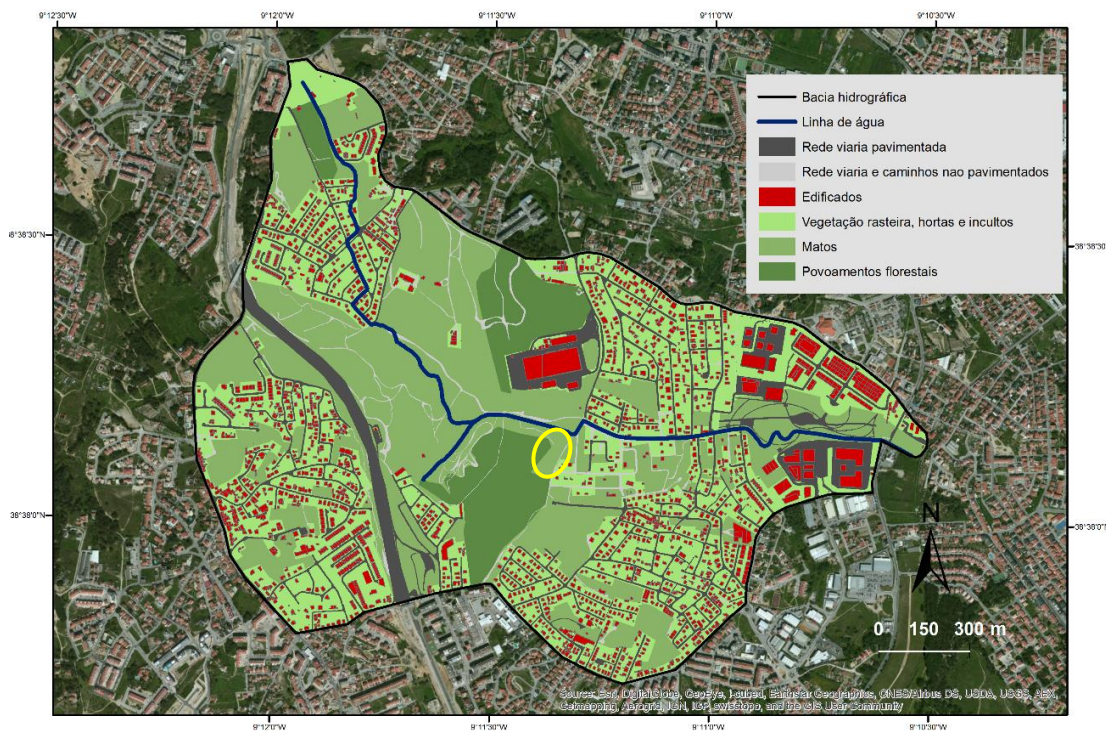


Figura 6.13 - Ocupação do solo na sub-bacia da Regateira (dados de 2015), com identificação da localização da bacia de retenção existente.

- **Bacia de retenção existente**

O estudo da Vala da Regateira, para um período de retorno de 100 anos, não poderá ser feito sem considerar o que se passa para montante, fundamentalmente no que diz respeito ao comportamento da bacia de retenção existente.

Assim, à cabeça da Vala da Regateira (localizado a amarelo na Figura 6.13), existe uma bacia de retenção com cerca de 1 ha que assegura a retenção dos caudais pluviais produzidos na metade poente da sub-bacia, com o objetivo de amortecer a ponta de cheia, salvaguardando as infraestruturas situadas a jusante e, permitindo que estas possam ser dimensionadas de uma forma mais económica (FASE, 2016).

A bacia de retenção funciona “a seco”, ou seja, apenas enche aquando da ocorrência de precipitações elevadas. Neste tipo de bacias, a cota do fundo da bacia é, grosso modo, a cota de entrada e de saída dos caudais afluentes. Estes, vão afluindo à bacia e saindo diretamente pelo coletor de descarga, até um determinado limite em que este coletor deixe de ter capacidade de transporte, passando a causar acumulação de água a montante, na área consagrada como bacia de retenção. O objetivo da bacia é o de retardar e assegurar a retenção do volume de água em excesso gerado pela intensidade de precipitação, durante o período de tempo que esta ocorra. A partir do momento em que a chuvada passe, ou diminua consideravelmente de intensidade, os volumes gerados vão diminuir e os caudais afluentes à bacia tornam a ser compatíveis com a capacidade de escoamento do coletor de saída. Começa assim a dar-se o esvaziamento da bacia de retenção, até à situação em que esta se apresente novamente seca (FASE, 2016).

De uma forma muito simples, vem descrito no relatório da FASE (2016), que a bacia de retenção em questão funciona de forma a que, na situação de máximo caudal, e para um período de retorno de 50 anos, possa receber um caudal de cerca de 11 m³/s e só deixe sair para jusante cerca de 4 m³/s, ou seja, a bacia de retenção é capaz de reter um caudal de 7 m³/s. É certo, no entanto, que o caudal que sairá da bacia de retenção excederá os 4 m³/s do cenário de T=50 anos, não só devido ao aumento no

período de retorno considerado, como também pelo aumento na intensidade de precipitação esperado mas, o caudal retido assume-se que continuará a ser de 7 m³/s.

Considerando que a bacia tem uma área de 1 ha (10 000 m²) e uma altura de cerca de 1,5 m (estimada a partir da carta de pontos cotados da zona), então permite um volume de encaixe de cerca de 15 000 m³. Este volume deverá ser tido em conta aquando dos cálculos de volume de água afluente à Vala da Regateira.

• *Resumo*

Na Tabela 6.4, apresenta-se o resumo geral das características associadas à sub-bacia da Regateira:

Tabela 6.4 - Características associadas à sub-bacia da Regateira

Geometria	
Área (km ²)	2,62
Perímetro (km)	7,50
Comprimento do CAP (km)	3,53
Fator de forma	0,21
Índice de conformação	0,21
Coeficiente de compacidade	1,30
Drenagem	
Ordem do curso de água	3
Magnitude	11
Comprimento total dos cursos de água (km)	8,45
Densidade de drenagem (km/km ²)	3,23
Densidade hídrica (cursos de água/km ²)	4
Coeficiente de torrencialidade	13,5
Percorso médio do escoamento superficial (km)	0,08
Relevo	
Ocupação	Semi-rural
Áreas impermeáveis (%)	<50
Cota máxima (m)	90
Cota mínima (m)	30
Amplitude altimétrica (m)	60
Declive médio (%)	1,7
Índice de rugosidade	0,19
Geologia e Solos	
Elevada permeabilidade; favorecimento da infiltração de água no solo; diminuição do escoamento superficial direto e da probabilidade de ocorrência de grandes cheias.	
Vegetação	
Principalmente culturas arvenses de sequeiro e pinheiros, bravos e mansos.	
Ocupação do solo	
Mais de 80% da sub-bacia é ocupada por “áreas edificadas fragmentadas” e “matos”.	
Bacia de retenção	
Área (m ²)	10 000
Volume de armazenamento (m ³)	15 000
Caudal retido (para T=50 anos) (m ³ /s)	7

6.1.2 Tempo de concentração e Caudal de ponta de cheia

Visto esta dissertação ter como finalidade o planeamento de uma dada zona territorial, torna-se essencial o cálculo dos caudais que podem ser alcançados em certas condições previstas, como as cheias. Assim, será calculado o tempo de concentração da água na sub-bacia, bem como o caudal de ponta atingido, considerando sempre um período de retorno de 100 anos.

- *Tempo de concentração*

O tempo de concentração (t_c) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na secção de saída. Em pequenas bacias, que é o caso da sub-bacia da Regateira, o tempo de concentração é o tempo após o qual todos os pontos estão a contribuir para o escoamento e após o qual o escoamento permanece constante enquanto a precipitação for constante. Assim, é considerado como uma característica constante de cada bacia hidrográfica, independentemente das características das chuvadas, mas dependente de alguns fatores condicionantes (área, relevo, forma e características da rede de drenagem). Para não se sobreavaliar a intensidade média de precipitação da bacia hidrográfica, no cálculo do Q_p não deve ser considerado um tempo de concentração inferior a 5 minutos, devido ao facto das curvas IDF serem deduzidas com base em chuvadas com uma duração mínima de 5 minutos, intervalo para o qual é possível obter leituras nos udogramas com duração de 24 h. O t_c pode ser calculado através de várias fórmulas, algumas das quais se encontram descritas na Tabela 6.5 (baseada em Ferreira, A.M.L. (2010) e Lencastre & Franco (2010)), bem como os casos em que devem ser aplicadas:

Tabela 6.5 - Fórmulas para determinar o t_c numa bacia hidrográfica e sua aplicação

Fórmula	Aplicação
<p>Giandotti (1953)</p> $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,80\sqrt{H}}$ <p>t_c é o tempo de concentração (h) A é a área da bacia hidrográfica (km²) L é o comprimento do CAP (km) H é a altura média da bacia (m)</p>	<p>Aplicada a grandes bacias naturais. Quando é aplicada em bacias pequenas, o t_c é sobrestimado.</p>
<p>Kirpich (1940)</p> $t_c = 0,0663 \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right) = 0,0663 \left(\frac{L^{1,155}}{\Delta h^{0,385}} \right)$ <p>t_c é o tempo de concentração (h) L é o comprimento do CAP (km) S é o declive médio da bacia hidrográfica Δh é a diferença de cotas entre os extremos do CAP (km)</p>	<p>Adequado a pequenas bacias rurais (até 0,5 km²) com canais bem definidos e, para terrenos com declives compreendidos entre 3% e 10%. O t_c deve ser multiplicado por 0,4 em superfícies asfaltadas ou por 0,2 em canais de betão.</p>
<p>David (1976)</p> $t_c = 0,000324 \left(\frac{L^{1,15}}{\Delta h^{0,38}} \right)$ <p>t_c é o tempo de concentração (h) L é o comprimento do CAP (m) Δh é a diferença de cotas entre os extremos do CAP (m)</p>	<p>Fórmula idêntica à de Kirpich. Esta expressão deve ser aplicada a bacias hidrográficas com áreas até 25 km².</p>
<p>Temez (1978)</p> $t_c = 0,3 \left(\frac{L}{i^{0,25}} \right)^{0,76}$ <p>t_c é o tempo de concentração (h) L é o comprimento do CAP (km) i é o declive médio do CAP (m/m)</p>	<p>Pode ser utilizada em bacias hidrográficas naturais com áreas até 3000 km².</p>
<p>Schaake <i>et al.</i> (1967)</p> $t_c = \frac{0,503 \times L^{0,24}}{i^{0,16} \times \alpha^{0,26}}$ <p>t_c é o tempo de concentração (min) L é o comprimento do CAP (ft) i é o declive médio da bacia hidrográfica α é a percentagem de áreas impermeáveis na bacia hidrográfica</p>	<p>A expressão indicada pode ser utilizada em bacias urbanas, incluindo ruas pavimentadas com sarjetas ao longo de passeios.</p>
<p>Ven Te Chow (1962)</p> $t_c = 0,8773 \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,64}$ <p>t_c é o tempo de concentração (h) L é o comprimento do CAP (km) i é o declive médio do CAP (m/km)</p>	<p>Usado em bacias rurais até 25 km² de área. Não se deve aplicar em áreas urbanas, nem em áreas rurais com mais de 25 km² de área.</p>
<p>Velocidades de escoamento superficial (método do Soil Conservation Service – SCS)</p> $t = \frac{L}{3600 \bar{V}}$ <p>t é o tempo de escoamento (h) L é o comprimento do troço (m) \bar{V} é a velocidade média no troço (m/s)</p>	<p>Método mais elaborado. O t_c é estimado a partir do cálculo das velocidades de escoamento superficial, para diferentes troços com características homogêneas.</p>

Ao avaliar a Tabela 6.5, considera-se que não há necessidade de calcular o t_c segundo todos os métodos visto que alguns não são adequados a bacias com as características da sub-bacia da Regateira (por exemplo, por serem destinados a bacias com áreas muito maiores ou para zonas extremamente urbanizadas). Assim, considera-se que os métodos mais adequados ao caso em estudo (uma sub-bacia semirrural com 2,62 km² de área) são os métodos de David (Equação 11) e de Ven Te Chow (Equação 12) por se aplicarem a pequenas bacias em áreas rurais, e o método de determinação das velocidades de escoamento superficial, por ser o mais elaborado e mais completo visto ter em conta a rugosidade do meio de escoamento.

David (1976)

Equação 11 - Fórmula de David (1976) usada para calcular o tempo de concentração

$$t_c = 0,000324 \left(\frac{L^{1,15}}{\Delta h^{0,38}} \right) = 0,000324 \left(\frac{3528^{1,15}}{60^{0,38}} \right) = 0,82 \text{ h} = 49 \text{ min}$$

Segundo a fórmula de David, o tempo de concentração na sub-bacia é de, aproximadamente, 0,82 horas, ou seja, 49 minutos.

Ven Te Chow (1962)

Equação 12 - Fórmula de Ven Te Chow (1962) usada para calcular o tempo de concentração

$$t_c = 0,8773 \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,64} = 0,8773 \left(\frac{3,53}{\sqrt{17}} \right)^{0,64} = 0,79 \text{ h} = 48 \text{ min}$$

Segundo a fórmula de Ven Te Chow, o tempo de concentração na sub-bacia é de, aproximadamente, 0,79 horas, ou seja, 48 minutos.

Velocidades de escoamento superficial (SCS)

Este é o método de cálculo mais elaborado. Segundo este método, o curso de água principal deve ser dividido em troços de características homogêneas, de forma usar os coeficientes de rugosidade mais adequados a cada caso. O tempo de concentração da bacia é obtido através da soma dos tempos de escoamento parcelares de cada troço.

No curso de água em estudo, a água é transportada em cinco meios superficiais distintos, todos num sistema de escoamento com superfície livre, que conferem diferentes velocidades de escoamento à água, que são:

- Condutas circulares de betão de regularização;
- Passagem hidráulica (PH) - troços com paredes e teto de betão, mas com fundo natural.
- Vala com paredes regularizadas com gabiões de pedra arrumada;
- Vala escavada não regularizada;
- Meio natural com vegetação alta.

Assim, o CAP será dividido em cinco tipos de troços com características homogêneas de forma a calcular os respetivos tempos de escoamento.

É de notar que nos elementos obtidos dos SMAS relativamente aos perfis da vala, há indicação de que um troço da vala se encontra revestido com gabiões, no entanto, através de visitas realizadas ao local verifica-se que a vala não se encontra ainda regularizada, daí a categoria de “vala escavada não regularizada”.

Ocorre ainda a situação de três PH cujo fundo foi deixado coberto por meio natural, mas com o teto e as paredes da vala revestidos a betão de regularização. Relativamente às PH identificadas, no documento fornecido pelos SMAS são dados os valores de profundidade (Y) e largura (l) de uma destas passagens, no entanto, através de visitas ao local verificou-se que as dimensões não correspondem à realidade, pelo que os valores usados são os medidos no campo pela autora. Admitiu-se que os valores de Y e l permanecem iguais nas três PH, sendo que o comprimento do troço (L) duplica para duas passagens, visto estas terem duas vias e a primeira apenas uma via de passagem de automóveis.

Num dos troços em que o escoamento é realizado em condutas subterrâneas (através de coletores pluviais), as linhas de água encontram-se bastante alteradas devido ao processo de urbanização. Neste caso, a fisiografia do curso de água foi adaptada, ou seja, adaptou-se o curso de água à realidade urbana seguindo linhas marcantes a nível da morfologia urbana e do terreno. É de notar que a água pluvial escoada para os coletores subterrâneos pode ser encaminhada para outras zonas, não implicando diretamente que este escoamento chegue a afluir à cabeceira da vala em estudo. Neste troço (identificado como “*conduta de betão 1*”), em que o escoamento é realizado através de coletores pluviais, assumiu-se que estes têm um diâmetro de 300 mm. Esta presunção vem do facto de que os coletores de betão simples são, predominantemente, constituídos por coletores deste diâmetro, podendo na realidade variar entre os 200 e os 1000 milímetros (FASE, 2016).

Na Figura 6.14 encontram-se representados os cinco tipos de troços considerados (delimitados pela autora com recurso ao programa *AutoCAD*), com as seguintes cores atribuídas:

- Condutas circulares de betão de regularização – **cinzento**;
- PH – **rosa**;
- Vala com paredes regularizadas com gabiões de pedra arrumada – **laranja**;
- Vala escavada não regularizada – **azul**;
- Meio natural com vegetação alta – **verde**.



Figura 6.14 - Troços considerados no cálculo das velocidades de escoamento superficial.

Na Figura 6.15 podem ser observados os diferentes meios de escoamento presentes na zona de estudo, observados e registados pela autora através de visitas ao local.



Figura 6.15 - Meios de escoamento presentes na zona de estudo: condutas de betão de regularização (em cima, à esquerda), PH (em cima, ao centro), vala regularizada com gabiões de pedra (em cima, à direita), vala escavada não regularizada (em baixo à esquerda); meio natural com vegetação alta (em baixo à direita). (Fonte: a autora).

Em situação de precipitações intensas, o escoamento apresentará um regime turbulento, como tal, recorreu-se à fórmula de escoamento de Manning-Strickler (1891) apresentada na Equação 13:

Equação 13 - Fórmula de escoamento de Manning-Strickler (1891)

$$U = K_S \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

Em que U representa a velocidade média do escoamento (m/s), K_S é o coeficiente de rugosidade das paredes do tubo ($m^{1/3} \cdot s^{-1}$), R o raio hidráulico (m) e i a perda de carga unitária. Na Tabela 6.6 vêm descritos os valores do coeficiente de rugosidade atribuídos a cada categoria de troço, segundo Chow (1959). A tabela completa com os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning pode ser consultada no Anexo G.

Tabela 6.6 - Valores do coeficiente de rugosidade atribuídos a cada troço

Troço	Categoria	n ($m^{-1/3} \cdot s$)	$K_s = \frac{1}{n}$ ($m^{1/3} \cdot s^{-1}$)
Condutas de betão de regularização	“Condutas de betão bem alisado ou de aço embebido em betume”	0,013	75
Passagens hidráulicas	“Bueiro de betão, reto e livre de detritos”	0,011	91
Vala regularizada com gabiões de pedra	“Escavado com fundo de terra e lados em cascalho”	0,030	33
Vala escavada não regularizada	“Canais não cuidados, troncos e arbustos não cortados – vegetação densa, tão alta como a altura da água”	0,080	13

Meio natural com vegetação alta	“Curso de água em planície – limpo, em linha reta, ao nível máximo, sem quedas ou zonas profundas, com mais pedras e vegetação”	0,035	29
---------------------------------	---	-------	----

O **raio hidráulico**, R , é dado pelo quociente entre a área molhada e o perímetro molhado (Equação 14), assim, sendo l o comprimento da base da conduta e Y a altura:

Equação 14 - Fórmula usada para calcular o raio hidráulico, R

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

A **perda de carga unitária**, i , corresponde à razão entre a perda de carga contínua ou total (entre dois pontos – E_1 e E_2) e o comprimento da conduta (L) entre os mesmos dois pontos. Assim, usa-se a Equação 15:

Equação 15 - Fórmula usada para calcular a perda de carga unitária, i

$$i = \frac{E_1 - E_2}{L}$$

A partir dos dados obtidos é assim possível calcular a velocidade de escoamento em cada troço e os tempos de escoamento correspondentes (confrontar Tabela 6.7).

Tabela 6.7 - Tempos de concentração obtidos nos diversos troços de escoamento

Troço	Ks	Diâmetro (m)	Raio (m)	Rh (m)	L (m)	i (m/m)	U (m/s)	t (h)	t (min)
Conduta de betão 1	75	0,3	0,15	0,08	741,6	0,03	2,36	0,087	5,24
Conduta de betão 2	75	1,1	0,55	0,28	84,3	0,02	4,58	0,005	0,31
Conduta de betão 3	75	1,1	0,55	0,28	89,4	0,01	2,77	0,009	0,54
	Ks	l (m)	Y (m)	Rh (m)	L (m)	i (m/m)	U (m/s)	t (h)	t (min)
Passagem hidráulica 1	91	1,1	1,5	0,40	5,0	0,01	5,43	0,0003	0,02
Passagem hidráulica 2	91	1,1	1,5	0,40	11,0	0,01	5,17	0,0006	0,04
Passagem hidráulica 3	91	1,1	1,5	0,40	10,9	0,01	5,21	0,0006	0,03
Vala regularizada com gabiões	33	1,5	1,60	0,51	323,8	0,01	2,06	0,044	2,62
Vala escavada não regularizada 1	13	3	1,2	0,67	42,7	0,01	0,86	0,014	0,84
Vala escavada não regularizada 2	13	3	1,2	0,67	616,8	0,01	0,88	0,195	11,67
Vala escavada não regularizada 3	13	3	1,2	0,67	15,8	0,01	0,87	0,005	0,30
Vala escavada não regularizada 4	13	3	1,2	0,67	79,7	0,01	0,99	0,022	1,34
Meio natural 1	29	1	0,1	0,08	184,4	0,05	1,25	0,041	2,46
Meio natural 2	29	1	0,1	0,08	826,2	0,02	0,76	0,302	18,14
TOTAL					3031,9				43,54

Por fim, a soma dos tempos de escoamento parcelares (Equação 16) calculados para os diferentes tipos de troços, com características homogêneas, segundo o método das velocidades de escoamento superficial, origina o valor do tempo de concentração na sub-bacia, sendo:

Equação 16 - Fórmula do SCS para calcular o tempo de concentração da sub-bacia

$$t_{total} \cong 44 \text{ minutos} \cong 0,73 \text{ horas}$$

Síntese comparativa

A comparação dos três métodos usados para determinação do tempo de concentração da sub-bacia é feita pela Tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Síntese comparativa dos métodos usados para determinação do t_c

	David	Ven Te Chow	SCS	Média dos 3 métodos
Tempo de concentração (h)	0,82	0,79	0,73	0,78

Ao comparar qualitativamente os três métodos usados, verifica-se que ambos o método de David e de Ven Te Chow deram valores bastante semelhantes, já o método das velocidades de escoamento superficial (SCS) deu um valor ligeiramente diferente. Uma possível falha no cálculo pelo método do SCS, poderá ter sido o pressuposto de que os coletores pluviais são de betão simples com um diâmetro de 300 milímetros (DN300), uma vez que se este diâmetro for inferior na realidade, o valor do tempo de concentração aumentaria e estaria mais próximo dos outros dois valores.

O valor a ser usado no cálculo do caudal de ponta de cheia será a média dos três valores obtidos a partir dos diferentes métodos de cálculo do tempo de concentração, seja, 0,78 horas ou, 47 minutos.

• *Caudal de Ponta de Cheia*

Existem diversos métodos para a determinação do Caudal de Ponta de Cheia (Q_p), alguns deles são apresentados de seguida na Tabela 6.9:

Tabela 6.9 - Exemplos de métodos para determinação do caudal de ponta de cheia (Fonte: baseado em Lencastre & Franco (2010))

Fórmulas empíricas	<ul style="list-style-type: none">▪ Whistler▪ Pagliaro▪ Forti▪ Iskowski	Deduzidas a partir de experiências, apenas consideram a área da bacia hidrográfica, não consideram tempos de concentração. Interessante para a determinação de cheias excecionais na ausência de dados hidrométricos, desde que tenham sido deduzidas para regiões climaticamente semelhantes.
Fórmulas cinemáticas	<ul style="list-style-type: none">▪ Racional▪ Giandotti▪ SCS▪ Mockus	Consideram as características do movimento da água, expressas através das noções de tempo de concentração e de chuvadas críticas.
Métodos estatísticos	<ul style="list-style-type: none">▪ Análise estatística de valores referentes a uma secção.▪ Extensão de uma amostra de valores.▪ Regionalização de valores.	

A fiabilidade dos resultados seria maior se fossem utilizados métodos estatísticos e de correlação hidrológica. No entanto, sendo a área em estudo uma sub-bacia de pequenas dimensões e que não possui registos hidrométricos, optou-se por usar os métodos de avaliação empíricos cinemáticos apresentados de seguida.

Fórmula Racional

Aplica-se a pequenas bacias ($A < 25 \text{ km}^2$) e requer o conhecimento da área, do tipo de ocupação do solo, do tempo de concentração (t_c) e das curvas IDF para um dado período de retorno. Devido

à sua simplicidade esta fórmula é bastante utilizada e apresenta resultados satisfatórios, principalmente em pequenas bacias com uma área inferior a 25 km², como é o caso. Escreve-se segundo a Equação 17:

Equação 17 - Fórmula Racional usada para calcular o caudal de ponta de cheia, Q_p

$$Q_p = \frac{c \cdot \bar{I} \cdot A}{3,6}, \text{ em que}$$

Q_p – é o caudal de ponta de cheia (m³/s);

C – é o coeficiente de escoamento, varia de 0 a 1 (adimensional);

\bar{I} – é a intensidade média de precipitação, com duração igual ao t_c da bacia (mm/h);

A – é a área da bacia (km²).

Na sub-bacia em estudo, a ocupação do solo não é uniforme. Assim, calculou-se um coeficiente de escoamento aplicável a toda a área através do cálculo de uma média ponderada conforme as distintas ocupações do solo. Os valores de C usados foram retirados do quadro presente no Anexo A e atribuídos conforme se apresenta na Tabela 6.10. É de notar a limitação de que os valores de C usados correspondem a um $T=5$ anos, podendo variar para $T=100$ anos e originar valores de cálculo diferentes.

Tabela 6.10 - Valores de coeficiente de escoamento de acordo com a ocupação do solo

Classes de ocupação do solo	Área (%)	Coeficiente C	A x C
Áreas edificadas fragmentadas	48,75	0,35	17,06
Matos	33,41	0,10	3,34
Povoamentos florestais	8,05	0,10	0,81
Áreas de indústria e logística	5,18	0,75	3,89
Áreas edificadas compactas	4,23	0,40	1,69
Áreas edificadas dispersas	0,37	0,40	0,15
TOTAL	100		26,93
C (média ponderada)			0,27

O valor de C obtido da média ponderada é de 0,27.

A intensidade de precipitação é obtida através da expressão presente na Equação 18:

Equação 18 – Fórmula usada para calcular a intensidade de precipitação, I

$$I = a \cdot D^b, \text{ em que}$$

I – é a intensidade de precipitação (mm/h);

D – é a duração da precipitação (min);

a e b – constantes que dependem do período de retorno e da duração da chuvada.

As curvas IDF (intensidade-duração-frequência) determinam, para um dado posto udográfico, a relação entre a intensidade de precipitação e a duração associada a um período de retorno (neste caso, 100 anos), sendo a e b parâmetros resultantes do ajustamento entre as intensidades de precipitação e as durações pelo método dos mínimos quadrados. A partir do estudo de Brandão *et al.*, 2001, o mais recente e completo estudo, até ao momento, sobre precipitações intensas em Portugal Continental, obteve-se os valores de a e b , para uma duração válida entre os 30 minutos e as 6 horas. Das curvas IDF obtidas a partir de 27 postos udográficos, adotou-se os valores pertencentes ao posto udométrico de Lisboa (“21 C/06 – Lisboa (IGIDL)”) devido à maior proximidade à área de estudo.

Neste caso:

$$D = t_c = 47 \text{ min}$$

$$a = 601,92 ; b = -0,642$$

Assim vem:

$$I = a \cdot D^b = 601,92 \times 46^{-0,642} = 50,82 \text{ mm/h}$$

Por fim, é possível calcular o Qp segundo a Fórmula Racional, sendo:

$$Qp = \frac{c \cdot \bar{I} \cdot A}{3,6} = \frac{0,27 \times 50,82 \times 2,62}{3,6} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.2 Cálculos Hidráulicos

Permeabilidade

De acordo com as características de escoamento presentes na sub-bacia já apresentadas, foram atribuídas cinco classes de permeabilidade a três critérios, nomeadamente: declives, ocupação de solo e geologia do local, correspondendo o índice 5 a uma “permeabilidade elevada” e, o índice 1 a uma “permeabilidade reduzida”. O índice de permeabilidade atribuído às classes encontra-se na Tabela 6.11:

- 0 - Nulo
- 1 - Reduzido
- 2 - Reduzido a moderado
- 3 - Moderado
- 4 - Moderado a elevado
- 5 - Elevado

Tabela 6.11 - Classes de permeabilidade associadas à sub-bacia da Regateira

Permeabilidade	
<i>Declives</i>	
0 – 3	5
3 – 8	4
8 – 10	3
10 – 15	2
> 15	1
<i>Geologia</i>	
Aluviões	5
Areia e conglomerados	4
Areia e argila	2
<i>Ocupação do solo</i>	
Áreas edificadas	0
Matos	4
Povoamentos florestais	5

Considerou-se que as áreas edificadas têm permeabilidade zero (0), por se tratarem de zonas completamente impermeáveis e que impedem a infiltração da água. De acordo com as classes atribuídas foram criados os Mapas de Permeabilidade para os três critérios anteriores: Declives

(Figura 6.16), Substrato Geológico (Figura 6.17) e Ocupação do Solo (Figura 6.18). Os mapas foram criados em *ArcGIS* a partir da cartografia disponibilizada pela CMA.

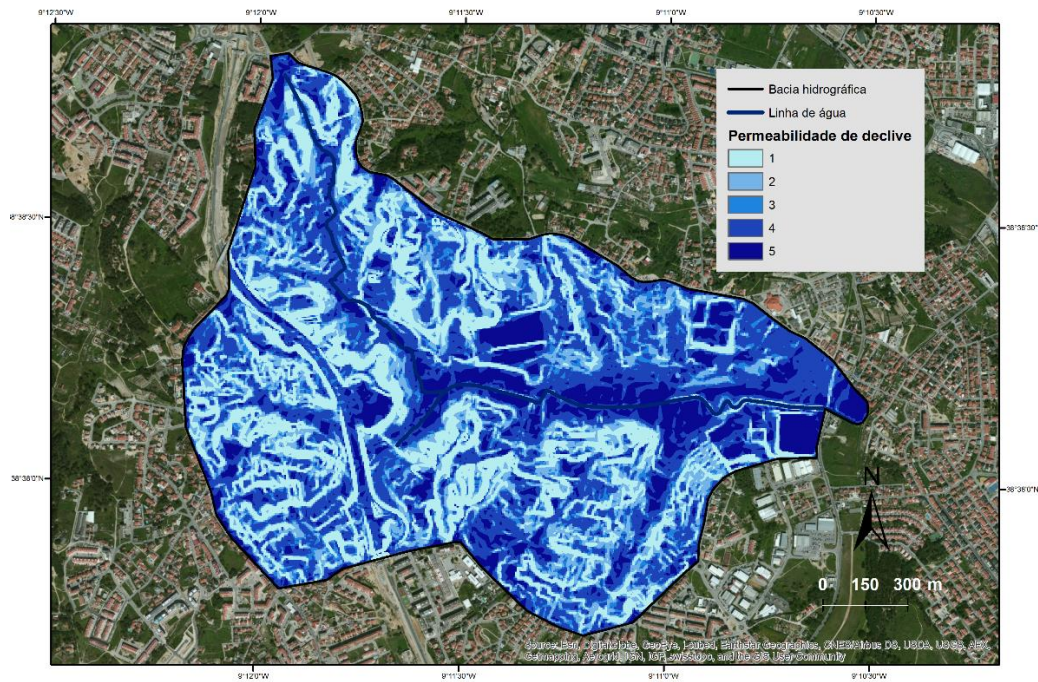


Figura 6.16 - Carta de permeabilidade (associado aos declives).

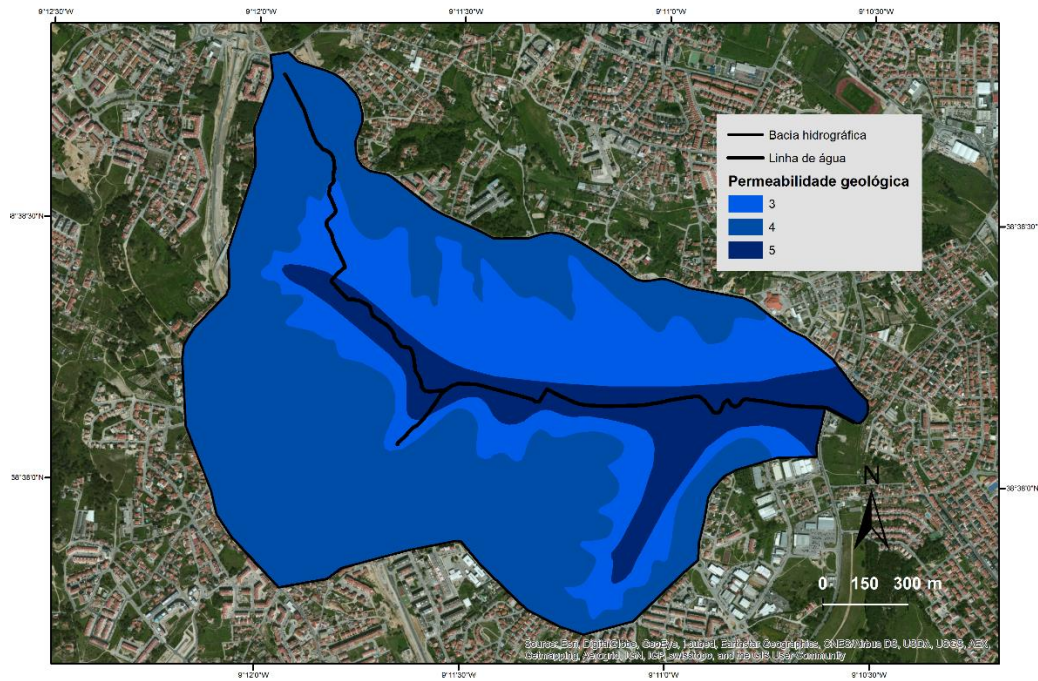


Figura 6.17 - Carta de permeabilidade (associado ao substrato geológico).

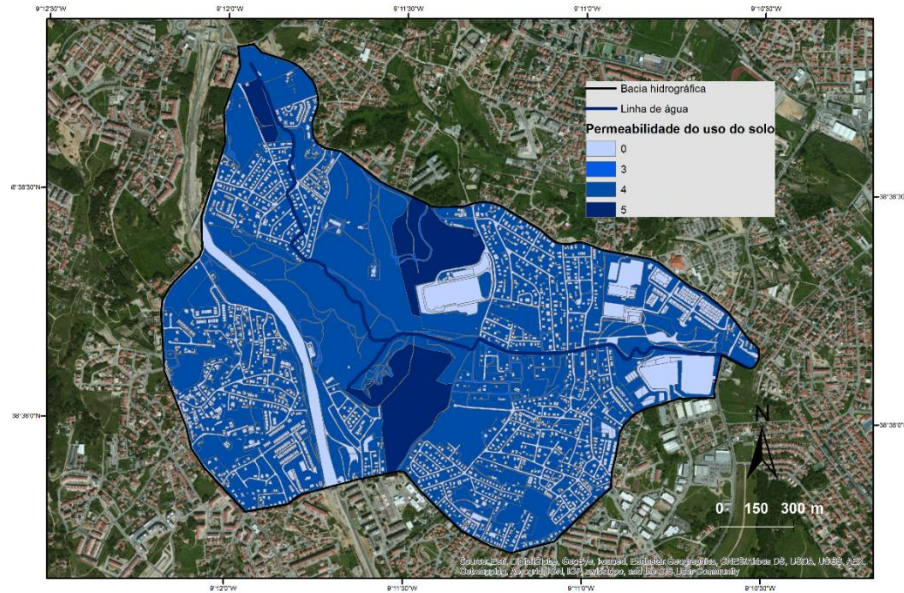


Figura 6.18 - Carta de permeabilidade (associado à ocupação do solo).

Após a criação dos mapas de permeabilidade associados a cada critério, foi possível obter o índice de permeabilidade total recorrendo à função *raster calculator* do *ArcGIS*, através do cálculo do produto entre os três índices já calculados. Considerou-se que todos os critérios têm igual importância e peso na formulação da permeabilidade total.

Os valores obtidos da multiplicação, com um valor mínimo de 0 (proveniente do produto dos valores mínimos – declives: 1; geologia: 2; ocupação do solo: 0) e um valor máximo de 125 (proveniente do produto dos valores máximos – declives: 5; geologia: 5; ocupação do solo: 5), foram novamente divididos em classes de 0 a 5, de forma a criar o Mapa de Permeabilidade Total, apresentado na Figura 6.19.

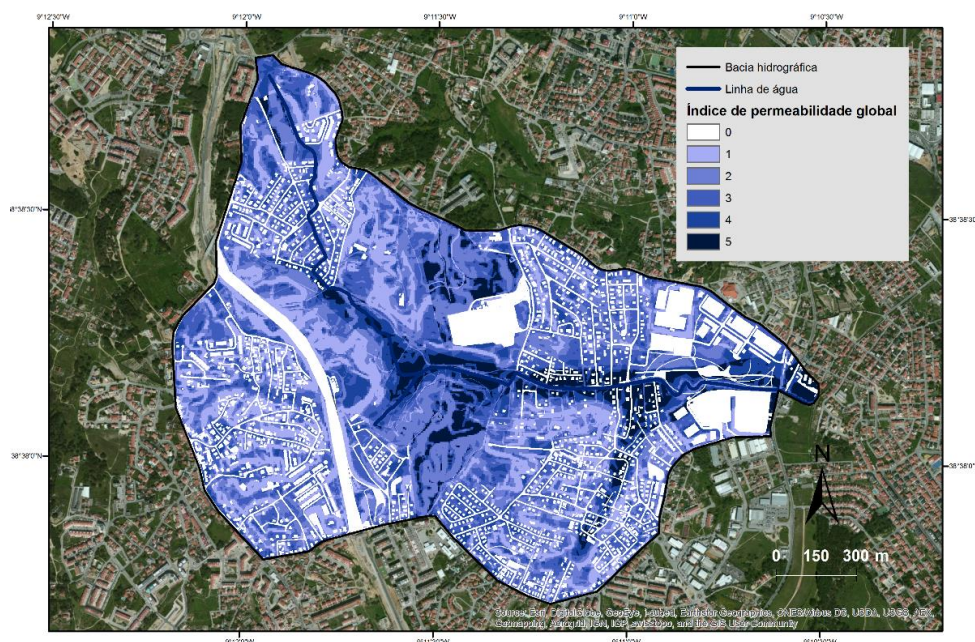


Figura 6.19 - Carta de permeabilidade total.

As áreas identificadas com as classes mais elevadas de permeabilidade atual, correspondem às áreas de máxima infiltração, com uma maior capacidade para a infiltração das águas pluviais que, portanto, devem estar livres de construção e de impermeabilização do solo. A delimitação e gestão destas áreas é de grande importância, não só por poderem coincidir com áreas de recarga de aquíferos, mas também por serem áreas vitais para a gestão sustentável da água numa bacia hidrográfica e, consequentemente, para os ecossistemas (Abreu & Pena, 2013).

Como se pode constatar pela Figura 6.19, as áreas de maior permeabilidade situam-se junto à linha de água, em zonas de declives reduzidos, com substrato de aluviões e, nas zonas em que o solo se encontra ocupado por povoamentos florestais. As zonas de AUGI e outras estruturas edificadas, como se pode constatar, impermeabilizam o solo e impedem a infiltração de água.

Comparativamente com outras componentes da Estrutura Ecológica, as Áreas de Máxima Infiltração podem ser menos restritivas na articulação com áreas edificadas, mas terão de ser sujeitas a uma avaliação caso a caso e com índices de construção muito controlados onde prevaleça a permeabilidade do substrato (Abreu & Pena, 2013).

Hidrograma unitário

Após a concretização dos mapas de permeabilidade da área de estudo, procedeu-se ao cálculo das áreas ameaçadas por cheias, considerando um período de retorno de 100 anos, o que não poderá ser feito sem considerar a bacia de retenção existente a montante da vala.

De forma a avaliar o volume de água afluente à cabeceira da Vala da Regateira, recorreu-se ao conceito de **Hidrograma Unitário (HU)**. Este consiste num hidrograma do escoamento direto, causado por uma chuva efetiva unitária (por exemplo, uma chuva de 1 mm ou 1 cm), com intensidade constante ao longo de toda a sua duração e com distribuição uniforme sobre toda a área de drenagem (Collischonn & Tassi, 2008).

Segundo Collischonn & Tassi (2008), existem várias dificuldades para a obtenção do hidrograma unitário a partir dos dados de chuva e vazão observados na bacia como, por exemplo, o facto de que os dados são de chuva observada não de chuva efetiva, havendo a necessidade de a estimar para cada intervalo de tempo. Ainda assim, a situação mais frequente é o da inexistência de dados históricos. Neste caso, quando não existem dados suficientes que permitam estabelecer o HU, é necessário utilizar um **hidrograma unitário sintético**. Os métodos de determinação do HU baseiam-se na determinação do valor de algumas características do hidrograma, como o tempo de concentração, o tempo de pico, o tempo de base e a vazão de pico (caudal de ponta).

A partir de um estudo com um grande número de bacias e de HU nos EUA, técnicos do SCS (*Soil Conservation Service* – atualmente *Natural Resources Conservation Service*), verificaram que os HU podem ser aproximados por relações de tempo e vazão estimadas com base no tempo de concentração e na área das bacias. Para simplificar ainda mais, o HU pode ser aproximado por um triângulo, definido pela vazão de pico e pelo tempo de pico e pelo tempo de base, conforme a Figura 6.20 (Collischonn & Tassi, 2008).

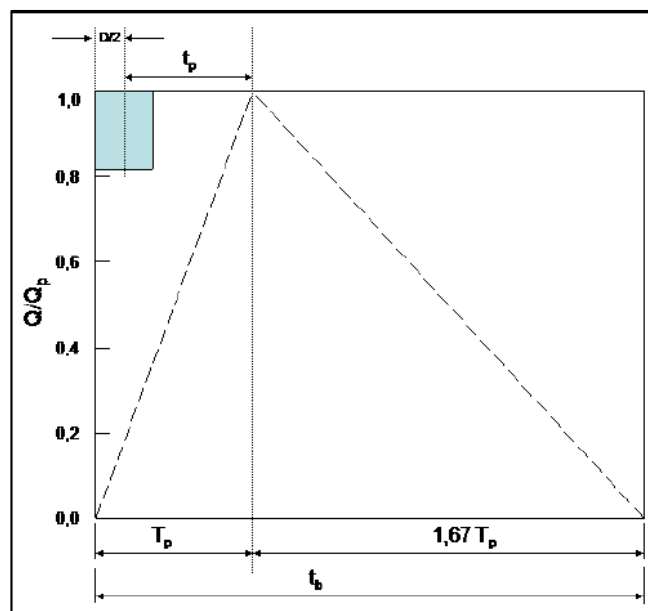


Figura 6.20 - Forma do hidrograma unitário sintético triangular do SCS. (Fonte: Collischonn & Tassi, 2008).

Tendo em conta que no presente estudo o caudal de ponta já é conhecido (pelo cálculo através da Fórmula Racional), não há necessidade de o calcular segundo o HU. No entanto, este hidrograma será utilizado de forma a simplificar o cálculo do volume de água afluente à cabeceira da Vala da Regateira, contando com o que fica retido na bacia de retenção.

Na Figura 6.21, criada pela autora, encontra-se representado o hidrograma de cheia representativo da zona, em que o triângulo a vermelho representa o volume de água que fica retido na bacia e, a restante área a azul, o volume de água escoado. Assim, calculando a área do triângulo total e subtraindo a área do triângulo vermelho, obtém-se o volume de água escoado que irá afluir à cabeceira da Vala da Regateira.

O **tempo de concentração** da sub-bacia é de 0,78 horas.

O **tempo de base** do hidrograma (t_b) é dado pela Equação 19:

Equação 19 - Fórmula usada para calcular o tempo de base do hidrograma

$$t_b = t_c + 1,67t_c$$

o que significa que o tempo de recessão do hidrograma triangular, a partir do pico até retornar a zero, é 67% maior do que o tempo de ascensão. Assim, vem que o tempo de base é de 2,08 horas.

O **caudal de ponta** já calculado, para $T=100$ anos, foi de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, dos quais a bacia de retenção é capaz de reter $7 \text{ m}^3/\text{s}$, então o caudal escoado será de $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Recorrendo ao **critério de semelhança entre triângulos**, uma vez que os lados destes triângulos são proporcionais e ângulos correspondentes são congruentes, foi possível calcular a base do triângulo vermelho.

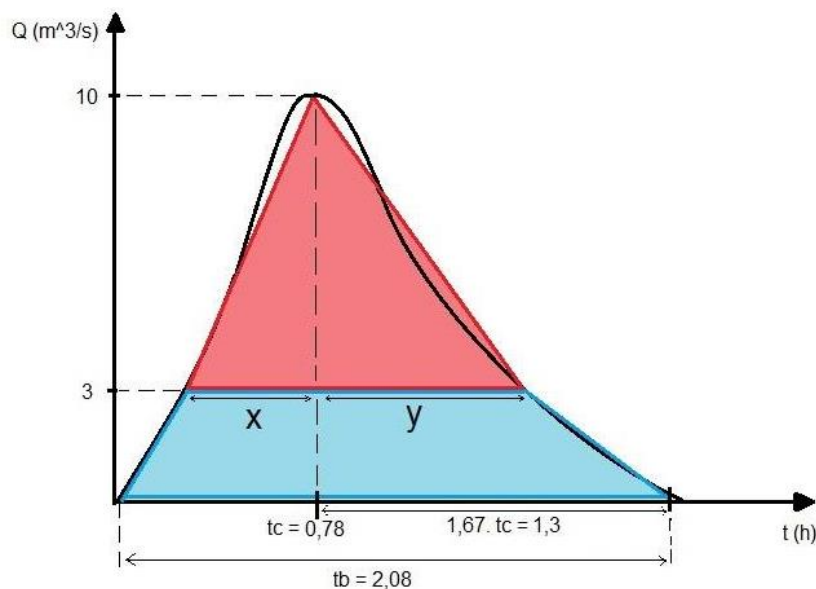


Figura 6.21 - Hidrograma de cheia para a sub-bacia da Regateira, usado para o cálculo do volume de água retido pela bacia de retenção e o volume escoado.

A base do triângulo é dada por:

$$\frac{0,78}{x} = \frac{10}{7} \leftrightarrow x = 0,55 h$$

$$\frac{1,3}{y} = \frac{10}{7} \leftrightarrow y = 0,91 h$$

$$x + y = 1,46 h$$

Assim, vem:

$$A_{\Delta} = V_T = \frac{2,08 \times 10}{2} \times 3600 = 37.440 m^3$$

$$A_{\Delta \text{ vermelho}} = V_{\text{retido na bacia}} = \frac{1,46 \times 7}{2} \times 3600 = 18.360 m^3$$

$$V_{\text{escoado}} = V_T - V_{\text{retido}} = 37.440 - 18.360 = 19.080 m^3$$

Por fim, o volume de água afluente à cabeceira da Vala da Regateira é de 19.080 m³.

Limitações do Hidrograma Unitário

Os HU servem de base a muitos modelos hidrológicos amplamente utilizados para calcular vazões máximas de projeto, mostrando bastante útil na representação do escoamento de uma bacia. No entanto, uma certa parte das premissas utilizadas não são inteiramente corretas, como o tempo de base ser igual e, a chuva efetiva ser gerada uniformemente na bacia e de forma idêntica em todos os eventos. De facto, o escoamento não é gerado de forma uniforme em toda a bacia, sendo que as áreas preferenciais de geração de escoamento são as áreas impermeabilizadas ou áreas com solos saturados, ou próximos da saturação (Collischonn & Tassi, 2008).

Cálculo de excedentes

Após saber o caudal (3 m³/s) e o volume de água afluente à cabeceira da vala (19.080 m³), é preciso verificar se a vala consegue comportar estes valores (de acordo com as suas dimensões atuais), ou se o volume que esta consegue encaixar é insuficiente para o volume afluente.

Na zona de estudo em pormenor existem 4 tipos de troços diferentes, anteriormente identificados por: vala regularizada com gabiões; passagem hidráulica 1; vala escavada não regularizada 1; conduta de betão 2. Recorrendo às dimensões de cada troço é possível calcular o volume de água máximo que cada troço consegue comportar, sem que haja alagamento das margens e, consequentemente, inundações. Devido às diferentes morfologias dos troços na zona de estudo pormenor, as suas dimensões e o caudal de água máximo encontram-se registados separadamente. Na Tabela 6.12 encontram-se os valores para a vala regularizada com gabiões e para a passagem hidráulica, que têm uma secção retangular; na Tabela 6.13 para a vala escavada não regularizada, que tem uma secção trapezoidal; e, na Tabela 6.14 para a conduta de betão, que tem uma secção circular.

Tabela 6.12 – Dimensões e caudal de água máximo para vala regularizada com gabiões e para passagem hidráulica (retangular)

	Vala regularizada com gabiões	Passagem hidráulica 1
U - Velocidade água (m/s)	2,1	5,4
I - Largura da vala (m)	1,5	1,1
Y - Altura da vala (m)	1,6	1,5
L - Comprimento do troço (m)	324	5
S - Secção (m²) (S = I.Y)	2,40	1,65
Q - Caudal máximo (m³/s) (Q = U.S)	5	9

Tabela 6.13 - Dimensões e caudal de água máximo para vala escavada não regularizada (trapezoidal)

Vala escavada não regularizada 1	
U - Velocidade água (m/s)	0,9
B - Base maior (m)	3
b - Base menor (m)	1
h - Altura da vala (m)	1,2
L - Comprimento do troço (m)	43
S - Secção (m²) ($S = \frac{(B+b) \times h}{2}$)	2,40
Q - Caudal máximo (m³/s) (Q = U.S)	2

Tabela 6.14 - Dimensões e caudal de água máximo para conduta de betão (circular)

Conduta de betão 2	
U - Velocidade água (m/s)	4,6
r - Raio (m)	0,55
L - Comprimento do troço (m)	84
S - Secção (m²) ($S = \pi \cdot r^2$)	0,95
Q - Caudal máximo (m³/s) (Q = U.S)	4

Tendo os Q_p que podem passar em cada meio (sem que haja alagamento das margens), ou seja, o caudal máximo que pode passar em dada secção, tendo a água uma certa velocidade:

- Se o caudal passível de ser escoado no troço é **maior** que o caudal afluente previsto para o período de retorno de 100 anos, não há risco de inundação, porque o caudal máximo previsto para 100 anos vai sempre ser “encaixado” na vala.

$$Q_{\text{escoado}} > Q_{\text{afluente}} = \text{OK}$$

- Se o caudal passível de ser escoado no troço é **menor** que o caudal afluente previsto para o período de retorno de 100 anos, então há risco de inundação (problema de encaixe), pois o caudal máximo previsto para 100 anos não vai ser encaixado na vala existente e, a água excedente vai inundar as margens da linha de água.

$$Q_{\text{escoado}} < Q_{\text{afluente}} = \text{risco de inundação}$$

Na Figura 6.22 podem ser observados os caudais suportados pelos troços da zona pormenor.

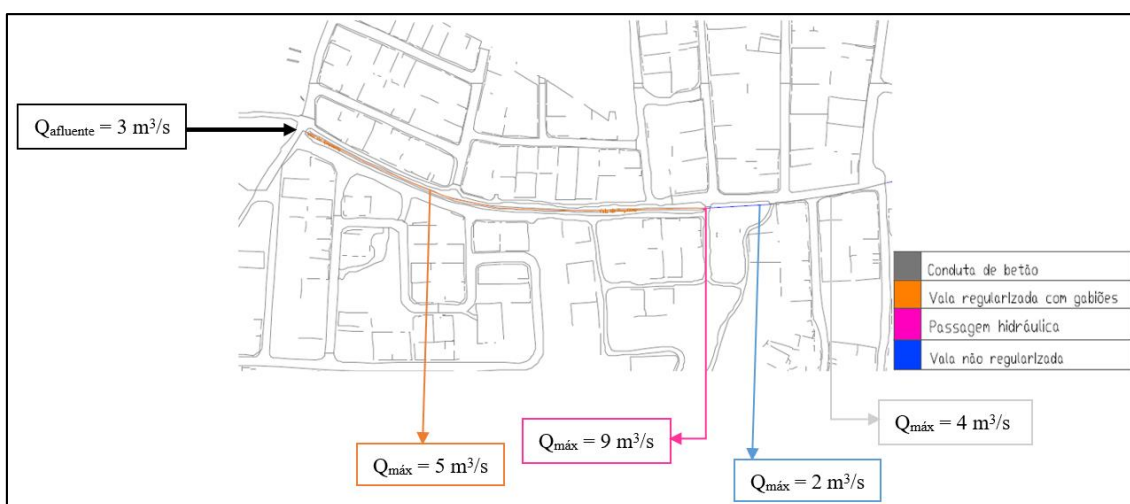


Figura 6.22 - Caudais máximos suportados pelos troços do setor pormenor.

Ao ocorrer a cheia centenária, o único troço onde poderá haver problemas de alagamento das margens é no troço caracterizado como “vala escavada não regularizada”, pois este troço apenas suporta um caudal máximo de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, quando o caudal afluente à vala será de $3 \text{ m}^3/\text{s}$, havendo um excesso de caudal afluente de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Recorrendo ao hidrograma unitário anterior, calculou-se então a área do trapézio verde (representado na Figura 6.23), correspondente ao volume de água excedente associado ao caudal de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

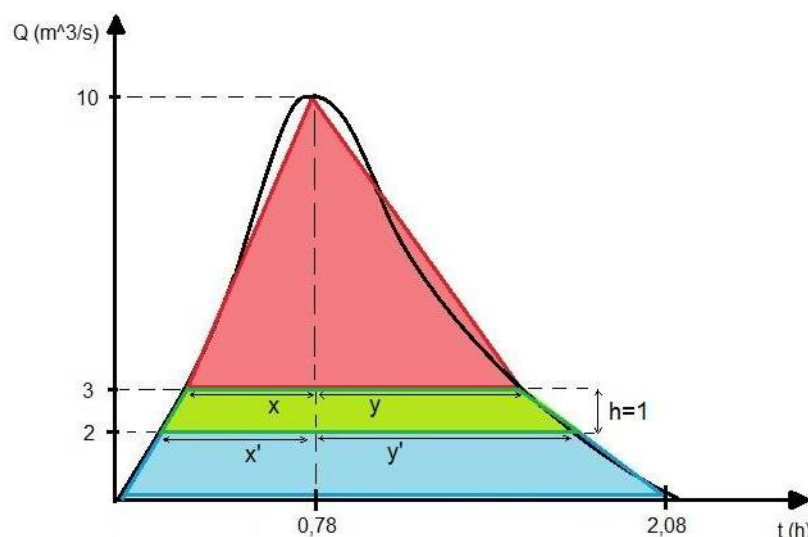


Figura 6.23 - Hidrograma de cheia para a sub-bacia da Regateira, usado para o cálculo do volume de água excedente no troço “vala escavada não regularizada”.

A altura do trapézio verde corresponde ao valor de caudal excedente no troço ($1 \text{ m}^3/\text{s}$). A base menor do trapézio ($b = x + y$) já determinada anteriormente, é de 1,46 horas.

A base maior do trapézio ($B = x' + y'$) é obtida por:

$$\frac{0,55}{x'} = \frac{7}{8} \leftrightarrow x' = 0,63 \text{ h}$$

$$\frac{0,91}{y'} = \frac{7}{8} \leftrightarrow y' = 1,04 \text{ h}$$

$$x' + y' = 1,67 \text{ h}$$

Assim, vem:

$$A_{\square} = V_{\text{excedente}} = \frac{B + b}{2} \times h = \frac{1,67 + 1,46}{2} \times 1 \times 3600 = 5,652 \text{ m}^3$$

O volume de água excedente (que vai transbordar) é de, aproximadamente, $5,65 \text{ m}^3$.

A partir da função “3DAnalyst - profile graph” do programa *ArcGIS*, aplicada sobre o MDT de Almada, foram obtidos dois perfis transversais do troço em questão. A sua localização encontra-se representada na Figura 6.24: o perfil do transecto A (a montante) na Figura 6.25 e o perfil do transecto B (a jusante) na Figura 6.26. Nos gráficos representativos dos perfis transversais, criados com recurso a *ArcGIS*, o eixo das ordenadas representa as cotas altimétricas e, o eixo das abcissas corresponde à distância do transecto (em metros).

Assumindo a hipótese de que, caso exista inundação, a primeira área das margens a ser inundada será a de declives igual, ou inferior, a 3%, na Figura 6.27 e Figura 6.28 encontra-se delimitada a dimensão do leito de cheia da vala (área adjacente à linha de água com um declive igual ou inferior a 3%) nos transectos A e B, respetivamente.

De forma a avaliar com maior pormenor a dimensão do leito de cheia foi criada a Figura 6.29 e a Figura 6.30, que mostram com maior pormenor a delimitação do leito de cheia associado aos transectos A e B, respetivamente.

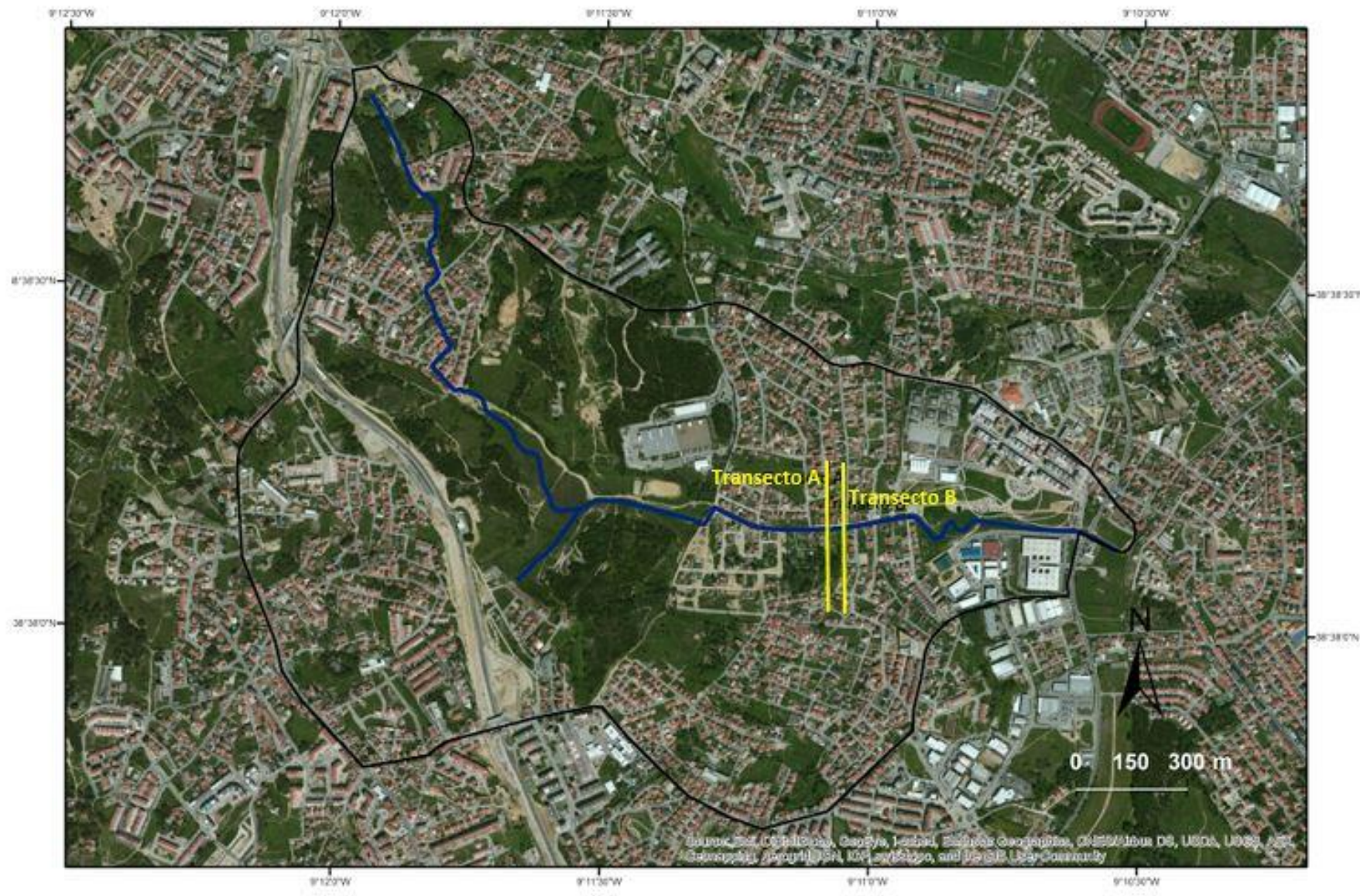


Figura 6.24 - Localização dos perfis transversais efetuados ao trecho “vala escavada não regularizada”.

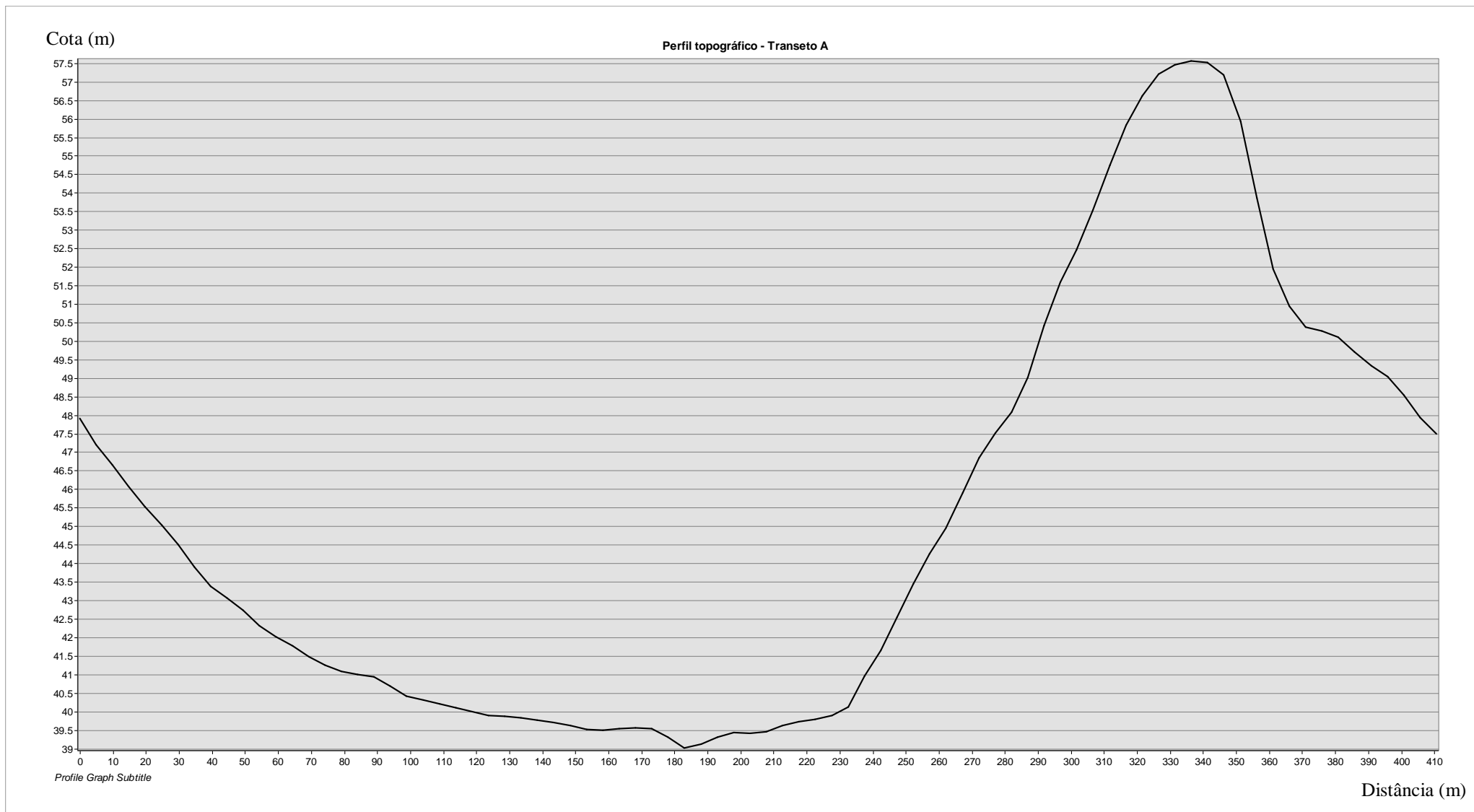


Figura 6.25 - Perfil do transecto A (montante).

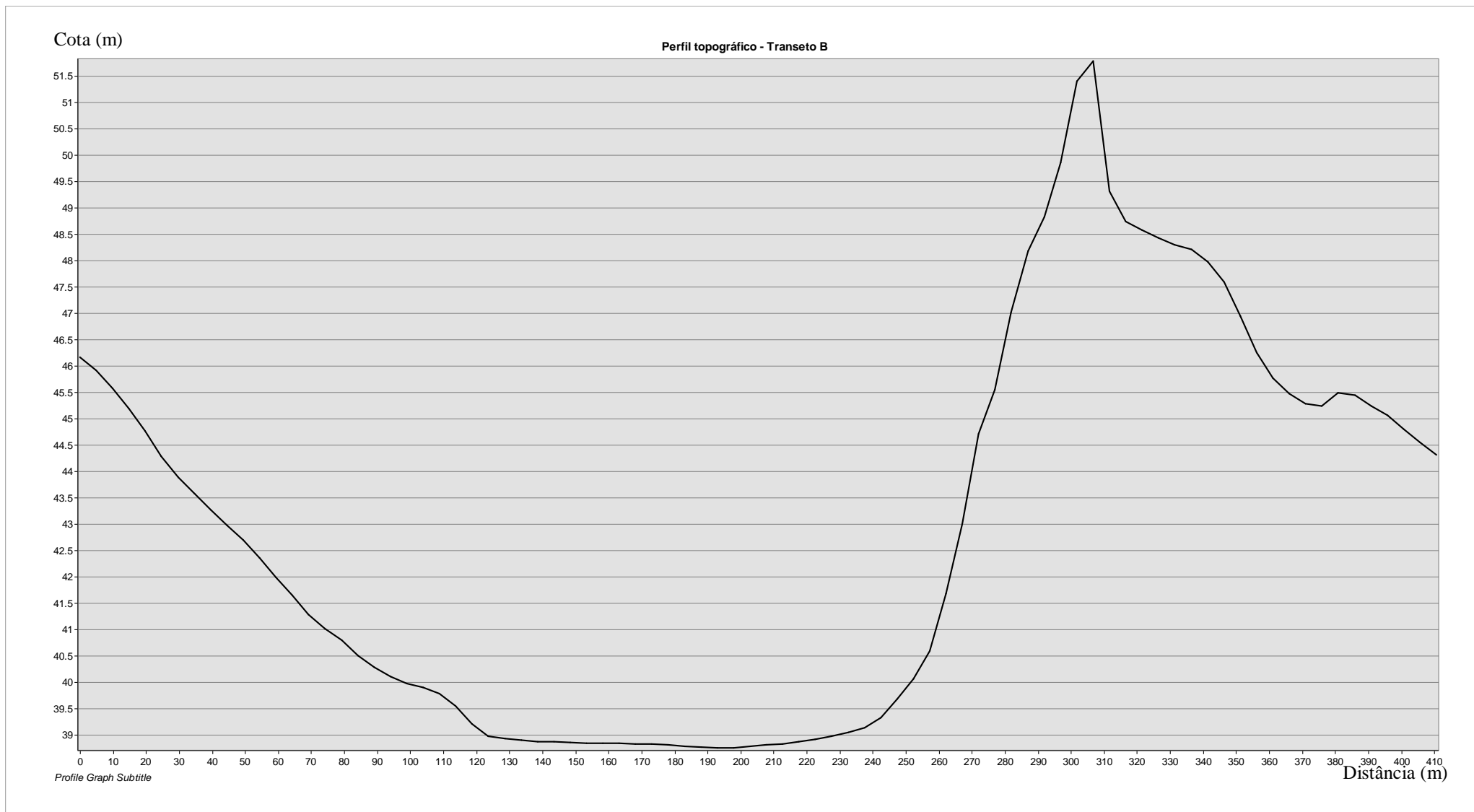


Figura 6.26 - Perfil do transecto B (jusante).

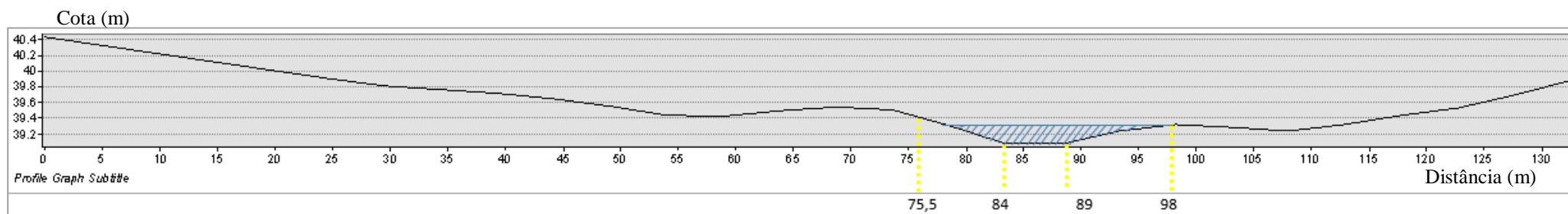


Figura 6.27 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto A.

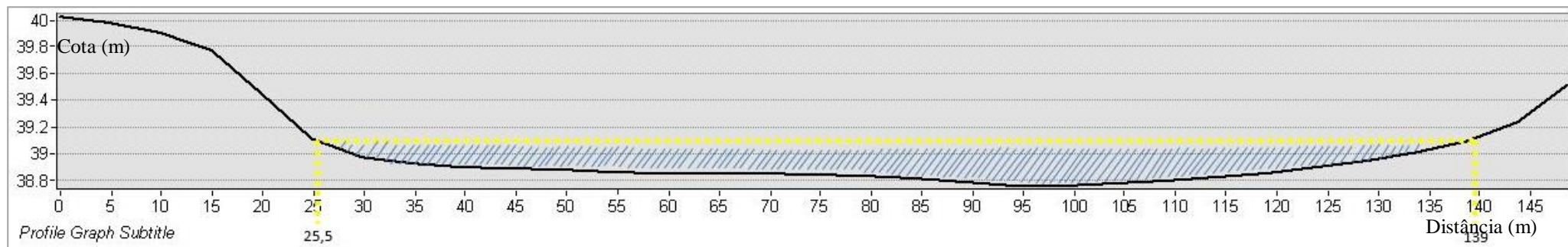


Figura 6.28 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto B.

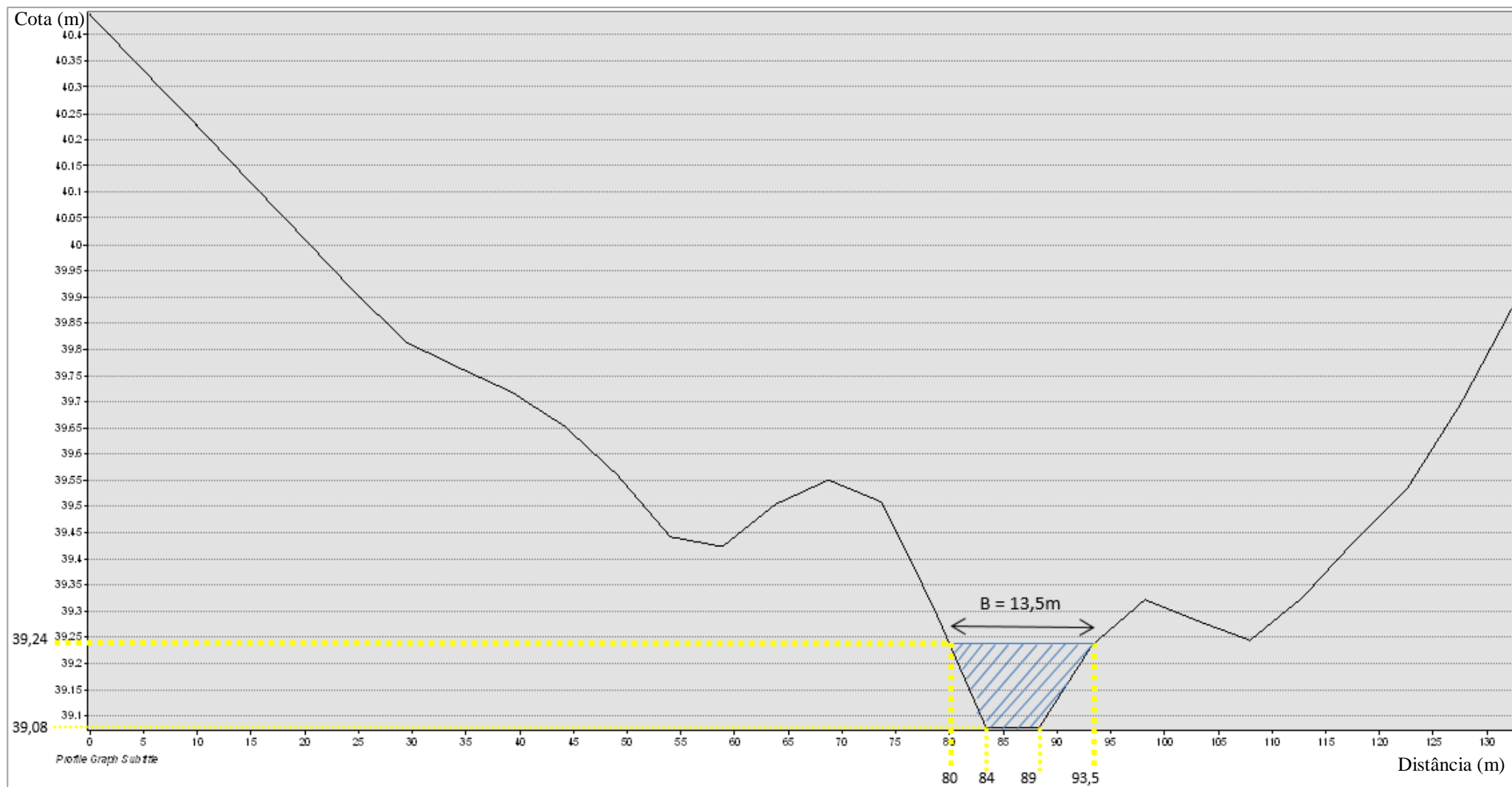


Figura 6.29 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto A – visão pormenorizada.

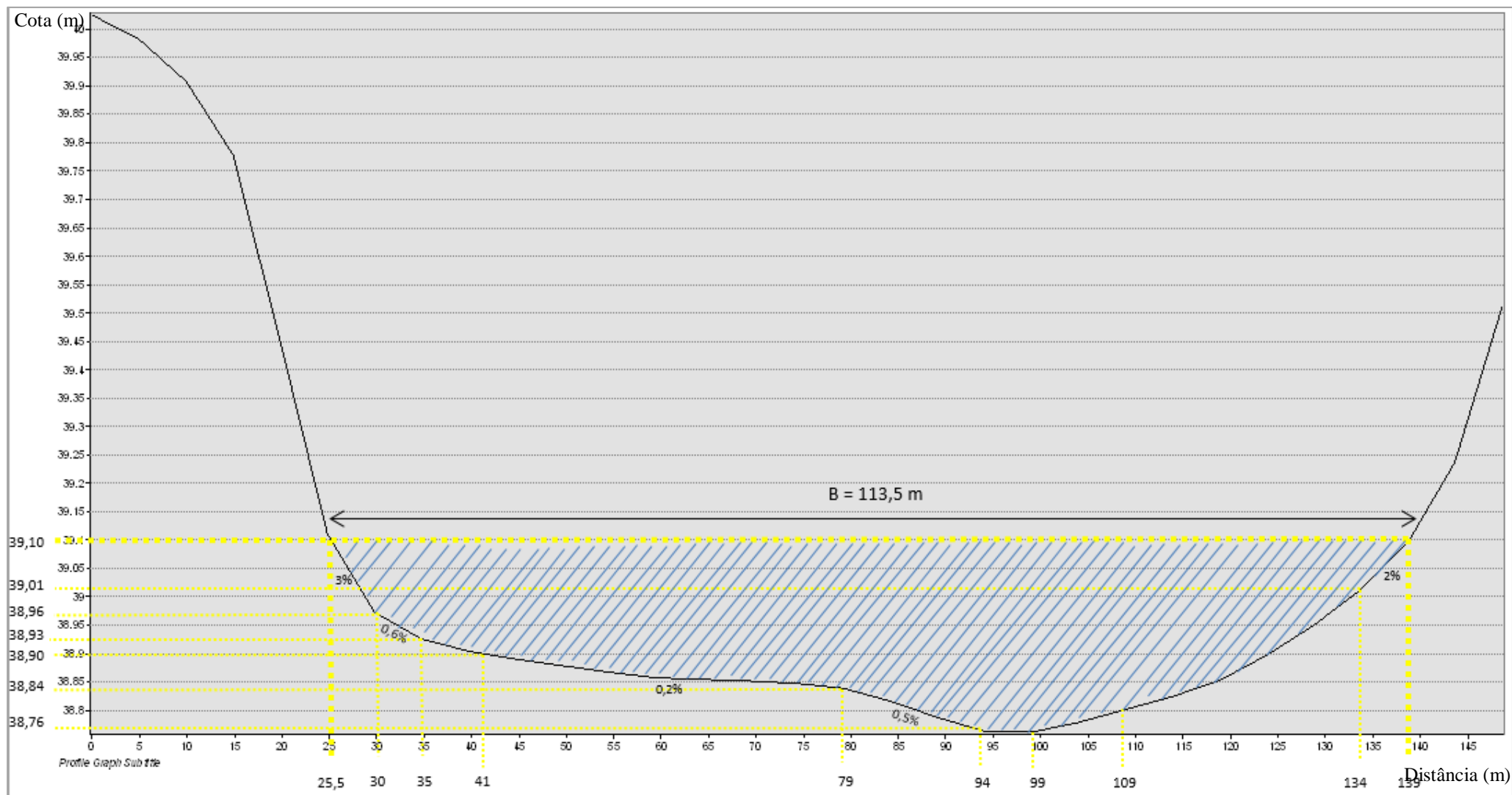


Figura 6.30 - Dimensão do leito de cheia da vala, aplicado ao transecto B – visão pormenorizada.

Assemelhando-se o leito de cheia definido à figura geométrica de um trapézio, é possível calcular a área com risco de inundação. A base menor (b) do trapézio será os 3 metros definidos como a largura superior da vala, no entanto, a base maior (B) assume valores variáveis, sendo no transecto A de 13,5 metros e, no transecto B, de 113,5 metros. Optou-se por usar o valor correspondente à dimensão do leito de cheia do transecto B (**113,5 m**). Primeiramente, por ser o que se situa a jusante do troço, onde é mais provável uma maior acumulação de água; depois, é também o valor de largura mais elevado, logo, por uma questão de zelo, calcula-se a zona passível de ser inundada com uma maior abrangência. Assim, o trapézio representativo, com as dimensões do leito de cheia é apresentado na Figura 6.31.

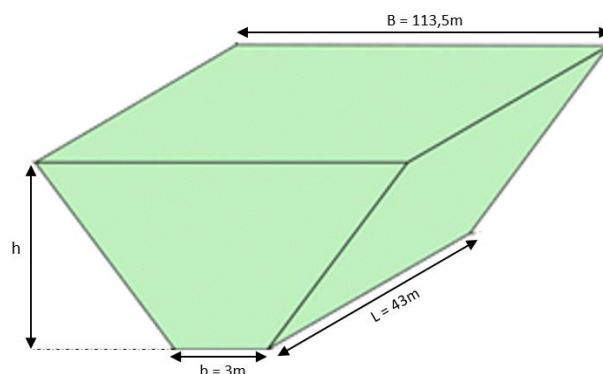


Figura 6.31 - Trapézio representativo, com as dimensões do leito de cheia.

Sabendo o volume de água excedente ($5,65 \text{ m}^3$) e as dimensões do leito de cheia, é possível calcular a altura que esse volume de água irá atingir, numa situação de cheia centenária, da seguinte forma (Equação 20):

Equação 20 - Fórmula usada para calcular a altura de água atingida pelo volume de água excedente

$$V_{exc} = \frac{B + b}{2} \times h \times L \leftrightarrow h = \frac{V_{exc}}{L \times \frac{B + b}{2}} \leftrightarrow h = 8,123 \text{ m}$$

O valor de altura de água atingida (≈ 8 metros), bem como a atual ocupação do solo, caso não ocorra uma expansão do meio urbano e acréscimo de impermeabilização do solo, os indícios são de que na zona da sub-bacia da Regateira em estudo não há risco considerável de inundação.

Conclusões sobre o escoamento na bacia:

- Os troços apresentam uma capacidade de vazão adequada ao caudal de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ estimado para a chuvada dos 100 anos na condição de horizonte;
- Tem-se analisado a possibilidade de implantação de bacias de retenção de água na área da Vala da Regateira. No entanto, devido aos cálculos efetuados, não se verifica a justificação da construção de tais bacias. É, no entanto, de considerar a construção de uma bacia de retenção que funcione simultaneamente como espaço de recreio e de lazer para os moradores.

6.3 Mapa de Zonas Potencialmente Inundáveis

Por fim, as zonas consideradas como zonas potencialmente inundáveis são as zonas de permeabilidade máxima, *i.e.*, as zonas que, em situação de risco de cheias devido a cenários extremos, serão as primeiras a ser potencialmente inundáveis. As áreas obtidas com recurso ao *software ArcGIS*, foram delimitadas segundo a hipótese de que, caso exista inundação, a primeira área das margens a ser inundada será o leito de cheia (área adjacente à linha de água com um declive igual ou inferior a 3%). As áreas foram definidas, a partir da cartografia disponibilizada pela CMA, a nível da sub-bacia para comparação com os usos do solo (Figura 6.32), a nível da sub-bacia da Regateira (Figura 6.33) e a nível do setor pormenor (Figura 6.34).

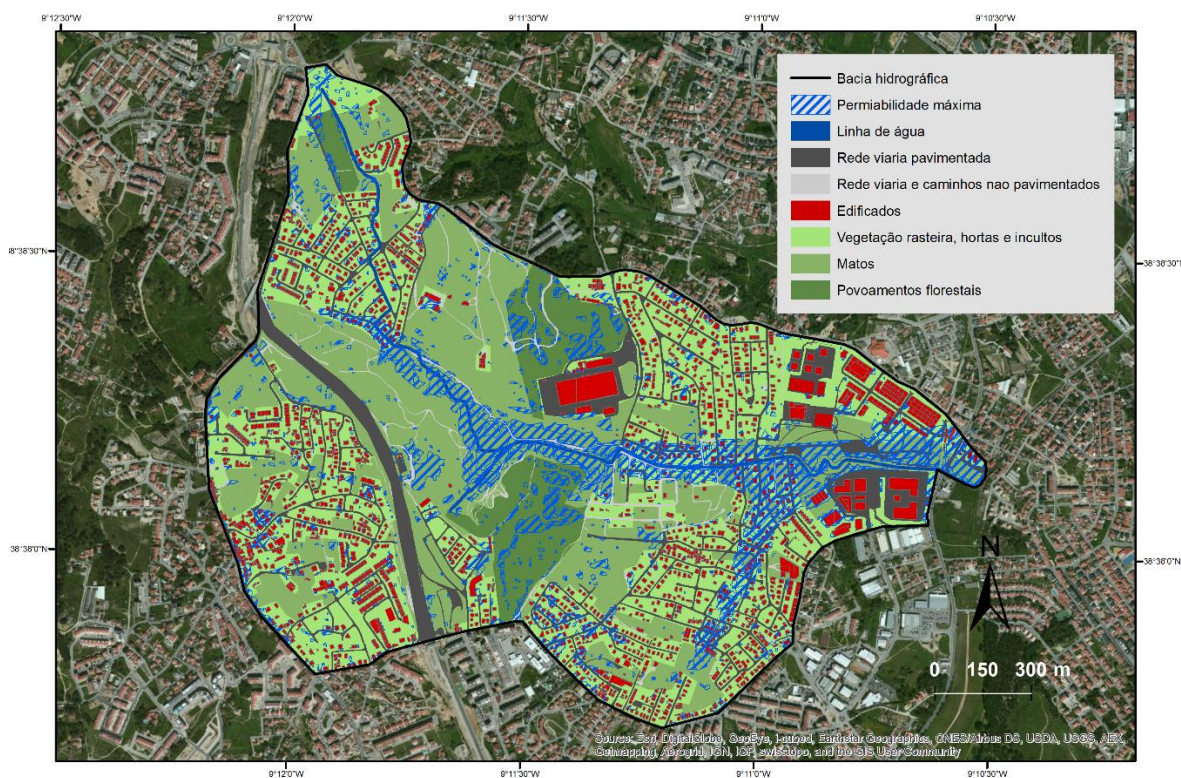


Figura 6.32 - Área potencialmente inundável – comparação com usos do solo.

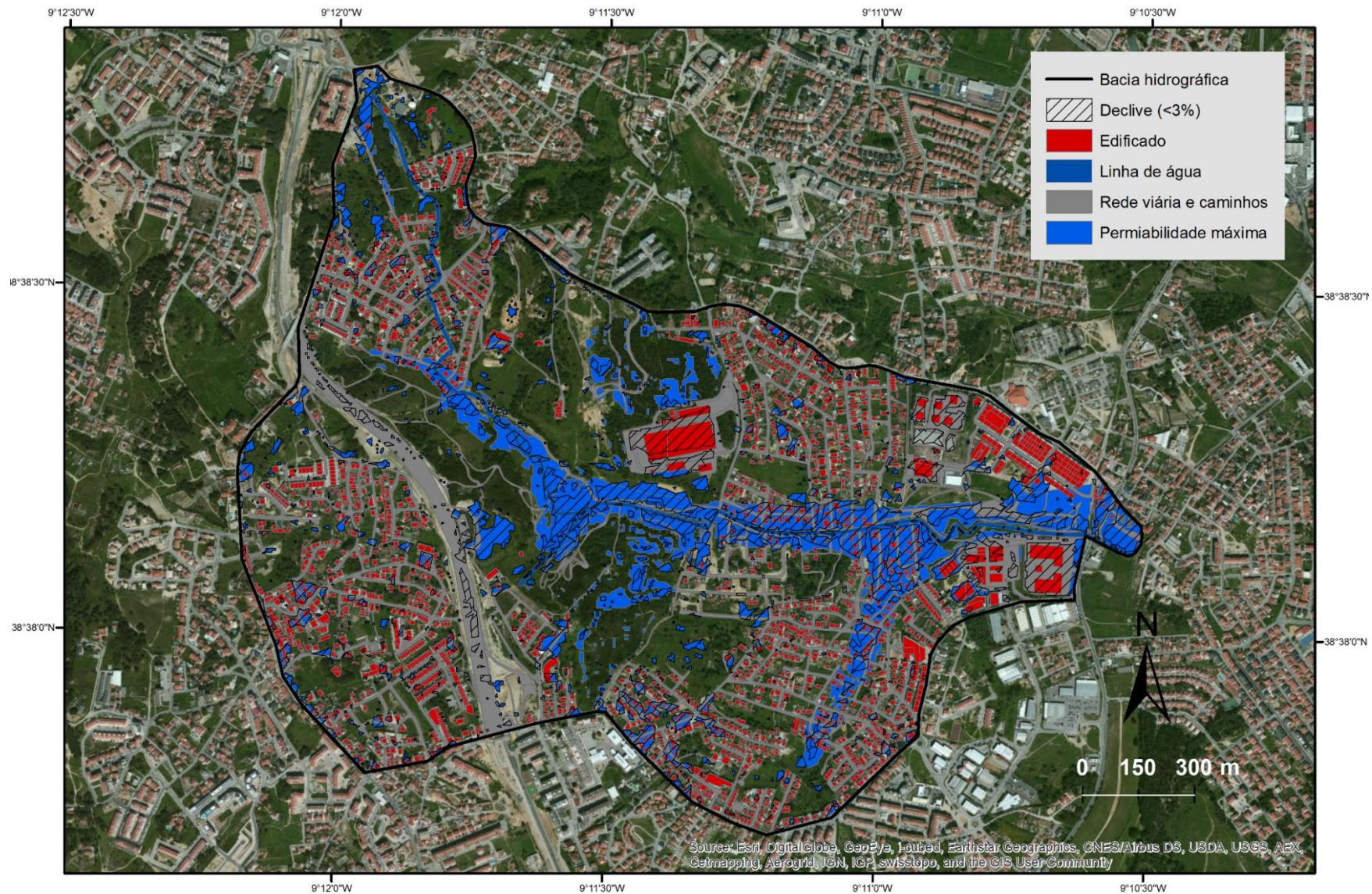


Figura 6.33 - Área potencialmente inundável a nível da sub-bacia da Regateira.

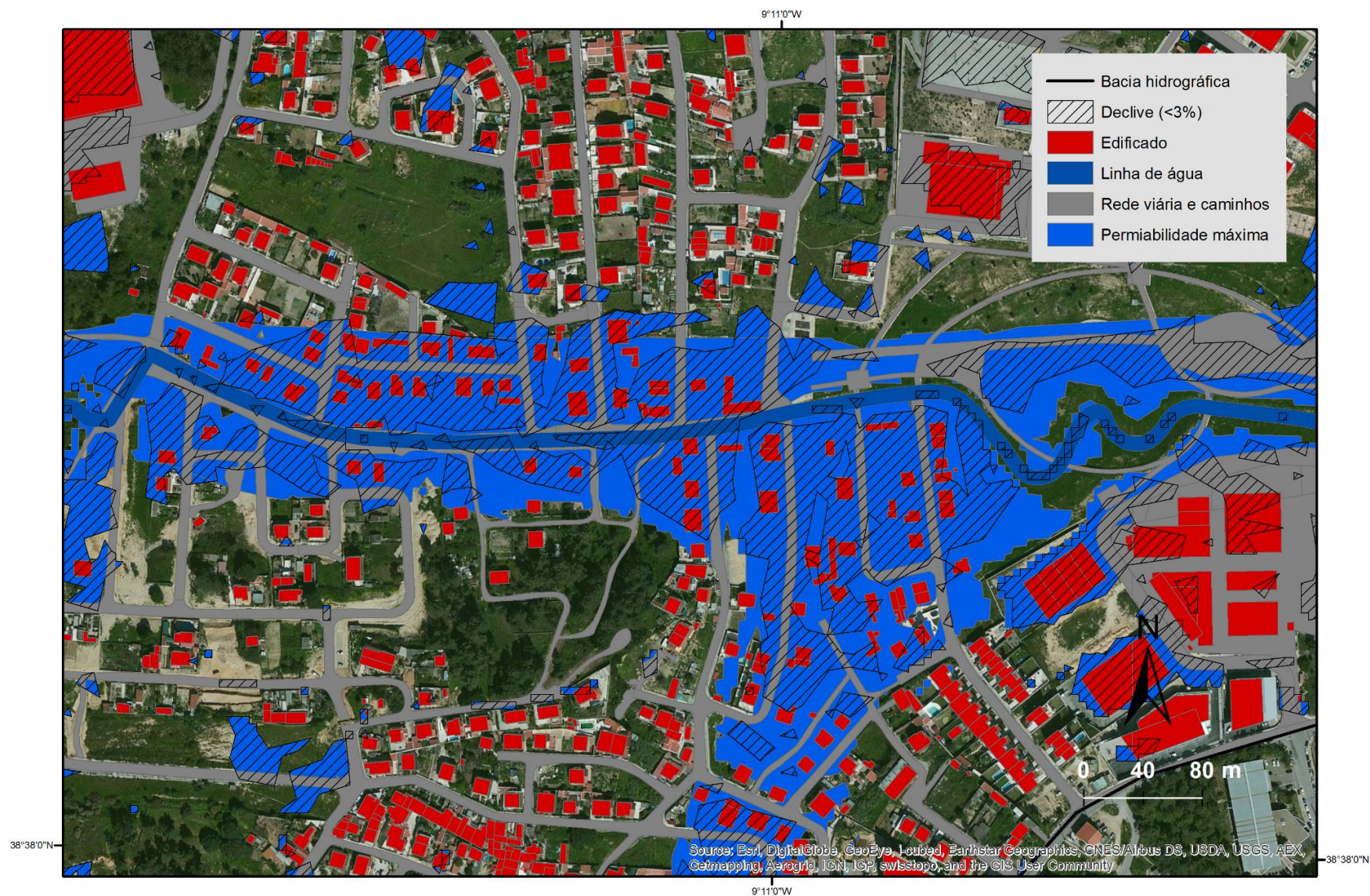


Figura 6.34 - Área potencialmente inundável a nível do setor pormenor.

Ao analisar as Figuras 6.33 a 6.35 verifica-se que as zonas com permeabilidade máxima se situam adjacente ao longo da linha de água. Na zona a montante da Vala da Regateira, o solo encontra-se livre de construções e revestido, maioritariamente, por matos e povoamentos florestais, pelo que nessa zona a permeabilidade é garantida. Quanto ao setor pormenor, a metade mais a jusante da Vala (Figura 6.35), as margens correspondentes a zonas de máxima permeabilidade, encontram-se cobertas por edificações. Estas habitações, apesar da maioria possuir quintais com vegetação rasteira e hortas particulares, encontram-se em zona de risco por constituírem zonas potencialmente inundáveis.

Limitações do cálculo das Zonas Potencialmente Inundáveis

Importa salientar que apesar de se tratar de uma metodologia robusta, existem algumas limitações ao método usado para delimitar as Zonas Potencialmente Inundáveis, i.e., situações e dados que deveriam ser considerados num estudo hidrológico, mas, nesta situação, devido à escassez de tempo associada à realização da dissertação não foram possíveis de considerar. Assim, os resultados obtidos preliminarmente deverão ser confirmados através da incorporação de outras variáveis consideradas fundamentais nos estudos de inundação, como: o tipo de solos (cuja informação disponível se encontra muito desatualizada e sem escala adequada), a variação do armazenamento de água no meio superficial, os valores reais de evaporação e evapotranspiração de água no local, os níveis de infiltração profunda, a condutividade hidráulica na zona e, o uso de dados meteorológicos à escala local.

7 Estratégias de adaptação

Após a definição das zonas potencialmente inundáveis, o presente capítulo apresenta as possíveis estratégias de adaptação ao risco existente.

Segundo o Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (ITeCons, *s.d.*), a resistência que um edifício apresenta face a inundações e cheias pode ser alcançada através de algumas medidas. Como a implementação de medidas de proteção a seco, de proteção em humidade e de medidas de emergência.

- A **proteção a seco** consiste em tornar o edifício estanque, impedindo a entrada da água, através da utilização de revestimentos, isolantes (Figura 7.1) e/ou equipamentos impermeabilizantes. Uma grande variedade de materiais e dispositivos foram desenvolvidos com o objetivo de tornar estanques as paredes, pavimentos e aberturas dos edifícios. Nas casas em que não seja possível a implementação de coberturas verdes (por motivos estruturais da habitação), sugere-se que se isole a cobertura com um agente impermeabilizante de forma a prevenir efeitos de humidade nas paredes e o desconforto térmico no interior da habitação.
- A **proteção em humidade** consiste em prevenir os danos causados pela água através da aplicação de materiais resistentes à humidade. Este tipo de estratégia permite a inundação da parte inferior do edifício, mas pretende a limitação dos danos através do uso de materiais resistentes à água e da instalação de aberturas nas paredes de modo a permitir a equalização do nível da água no interior e no exterior, evitando forças hidrostáticas excessivas do lado exterior do edifício que possam levar ao colapso da estrutura. Estas aberturas devem ser protegidas por telas ou grelhas que impeçam a entrada de animais ou detritos (Figura 7.2).
- Como **medidas de emergência** entende-se a colocação de barreiras nas aberturas do edifício, tais como portas, painéis e outras proteções. Estas medidas podem ser temporárias, caso sejam instaladas apenas na iminência da ocorrência de cheias, ou podem ser dispositivos permanentes, com sistemas de fecho manuais ou automáticos. Os parâmetros-chave para o dimensionamento destas barreiras são a altura, a rigidez e a resistência às pressões hidrostáticas.



Figura 7.1 - Exemplo da aplicação de um isolante na cobertura de um edifício.



Figura 7.2 - Exemplo de uma habitação elevada que permite a inundação da parte inferior devido às aberturas nas paredes.

Uma vez que a presente dissertação pretende avaliar o contributo das IV na adaptação às alterações climáticas, serão abordadas duas estratégias: de carácter incremental (estratégias de defesa e acomodação) e transformacional (relocalização).

Para o setor pormenor em estudo, orientou-se as estratégias de adaptação segundo três cenários:

- Cenário 1 – um cenário de *Defesa/Proteção*, que consiste em:
 - Criar uma “barreira natural” nas margens da vala de forma a infiltrar parte da água excedente que transborde, recorrendo a vegetação da galeria ripícola, nos seus vários estratos, eliminando progressivamente os canaviais e outras espécies infestantes;
 - Todas as novas construções que tenham que ser obrigatoriamente construídas em zonas de permeabilidade máxima (e.g. infraestruturas de apoio à exploração agrícola) devem ser sobrelevadas do solo, de forma a permitir o escoamento da água, prevenindo danos na infraestrutura.
- Cenário 2 – um cenário de *Acomodação*, que consiste em:
 - Elevar as habitações existentes sobre estacas;
 - Criar, ou adaptar infraestruturas existentes, que possam ser inundadas temporariamente sem danos (pisos térreos, caves e garagens).
- Cenário 3 – um cenário de *Relocalização*, que consiste em relocalizar as habitações existentes em zona de risco para outro local com menor risco associado.

Neste momento não se considera premente a necessidade de relocalização – remover as infraestruturas situadas em locais de máxima infiltração e potencialmente inundáveis, devido ao reduzido risco de inundação que é apresentado. No entanto, face à incerta evolução do cenário climático para os próximos anos, esta poderá ser uma medida de adaptação a considerar seriamente, tendo em conta a segurança dos moradores e a salvaguarda de infraestruturas.

8 Abordagem proposta para o setor pormenor

“Ideas alone have little worth. The value of an innovation lies in its practical implementation.” – Werner von Siemens (1865).

Para apresentar uma proposta de reconversão de uma AUGI coloca-se sempre, à partida, a necessidade de fazer um diagnóstico das suas características, mais-valias e problemas. Assim, alguns dos problemas apontados na sub-bacia da Regateira são:

➤ A nível habitacional:

- Questões de ordem técnica (baixa eficiência térmica causando desconforto e necessidade de recorrer a equipamentos de regulação térmica);
- Problemas construtivos/estruturais;
- Habitações inacabadas esteticamente e com uma excessiva diversidade de aspetos arquitetónicos;
- Demasiadas áreas expectantes (parcelas de terreno ainda por construir, ou mesmo, parcelas de terreno ainda pertencentes ao “loteador ilegal” que não foram vendidas);
- Incumprimento da legislação/construções sem licenciamento aprovado.

➤ A nível dos espaços públicos:

- Falta de espaços verdes, de lazer e de recreio;
- Falta de equipamentos públicos;
- Falta de espaços de circulação pedonal e ciclável.

➤ A nível da mobilidade:

- Escassa cobertura de transportes públicos;
- Acessibilidades aos principais eixos rodoviários;
- Rede viária em más condições (falta de pavimentação, passeios, ...);
- Estrutura viária interna mal desenhada (má relação entre circulação rodoviária e pedonal, estacionamento automóvel desordenado, ausência de percursos cicláveis específicos).

Por fim, analisadas as características, problemas e riscos futuros, são apresentadas as propostas de atuação de forma a adaptar o setor pormenor (apresentado de novo na Figura 8.1) ao acréscimo de intensidade de eventos climáticos extremos.

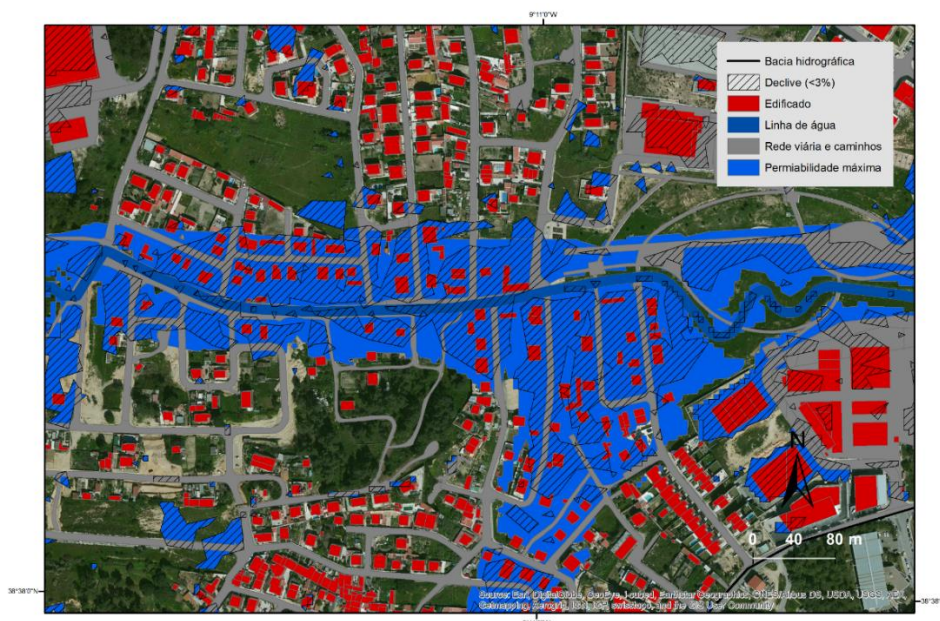


Figura 8.1 - Área potencialmente inundável do setor pormenor.

A preservação das linhas de água, a não artificialização das suas margens e, especialmente o controlo dos processos erosivos, são aspetos muito importantes para se evitar a sua degradação e a ocorrência de cheias, devido à perda da capacidade de escoamento de águas pluviais. É, pois, fundamental conter os fenómenos de erosão hídrica como os que ocorrem na Vala da Regateira adotando soluções que promovam a proteção das linhas de água e das margens (CMA, 2011b).

Assim, as soluções apresentadas têm como objetivo principal fazer uma gestão integrada das águas pluviais e sugerir algumas medidas de controlo da água no local, favorecendo sempre as medidas de retenção natural da água, isto é, soluções baseadas na natureza. Estas soluções servirão o propósito de promover o armazenamento hídrico (infiltração, detenção e retenção de água), a capacidade de autodepuração e redução de poluentes, a redução de riscos de inundação e, consequentemente, a valorização da paisagem urbana.

A abordagem de atuação proposta para adaptar o setor pormenor às alterações climáticas são apresentadas de seguida:

Zonas de infiltração e armazenamento de água

Coberturas verdes

Propõe-se a implementação de coberturas verdes em todas as casas situadas nas margens da linha de água / zonas de máxima infiltração e, especialmente, nos edifícios de serviços operacionais da CMA e grandes edifícios comerciais / industriais da zona (delimitados na Figura 8.2) devido à sua vasta área de cobertura que, neste momento, se encontra completamente desaproveitada.

O uso destas coberturas permitiria um grande armazenamento de água da chuva, através da diminuição da percentagem de área impermeabilizada e serviria, simultaneamente, como medida de combate e redução do efeito ilha de calor local.

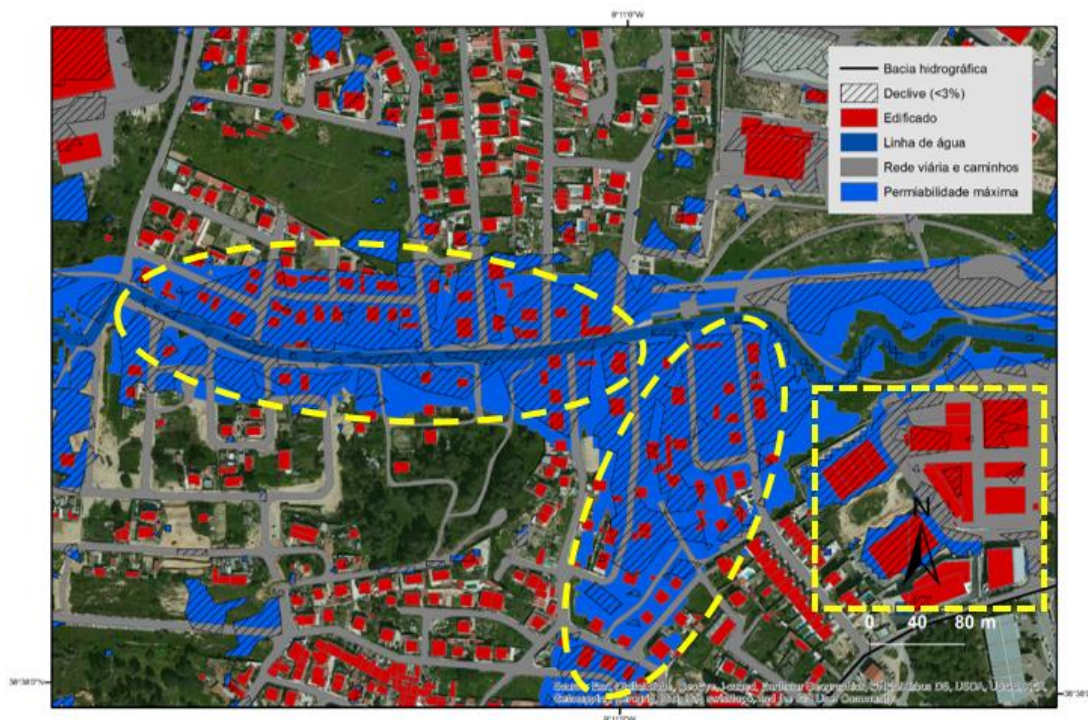


Figura 8.2 - Delimitação proposta para a implementação de coberturas verdes.

No caso do setor pormenor recomenda-se o uso de coberturas extensivas, devido à sua menor necessidade de manutenção, bem como menores requisitos a níveis estruturais e de suporte, uma vez que as habitações em questão datam dos anos 60/70 e não foram construídas tendo em vista a implementação de uma cobertura deste estilo. Este tipo de cobertura implica um menor número de camadas e com espessuras mais reduzidas que resultam consequentemente num sistema mais leve e mais barato.

As plantas usadas terão de ser bastante tolerantes a temperaturas elevadas e a ventos fortes. Deverão igualmente ter uma capacidade de regeneração elevada e requerer a menor manutenção possível. O tipo de solo a ser usado é pouco rico em nutrientes, com uma espessura máxima de 10-15 cm, o que potencia igualmente a baixa manutenção. Existe um equívoco comum de que as coberturas ajardinadas extensivas são ideais para coberturas planas, no entanto, este tipo de cobertura apresenta alguns problemas relativos a drenagem, nomeadamente, a excessiva acumulação de água. Assim, uma cobertura extensiva deve apresentar uma inclinação de 1,5% a 2%, no mínimo, de forma a garantir uma boa drenagem natural e, até um máximo de 30% de inclinação. Quando se verificam inclinações muito acentuadas devem ser consideradas medidas de controlo de deslizamentos do solo e das plantas (Pinto, 2014).

Segundo o guia do DEPI (*s.d.*), uma boa maneira de categorizar a adequabilidade das plantas à cobertura em causa, é pelos requisitos de profundidade do substrato, como se pode avaliar pela Figura 8.3.

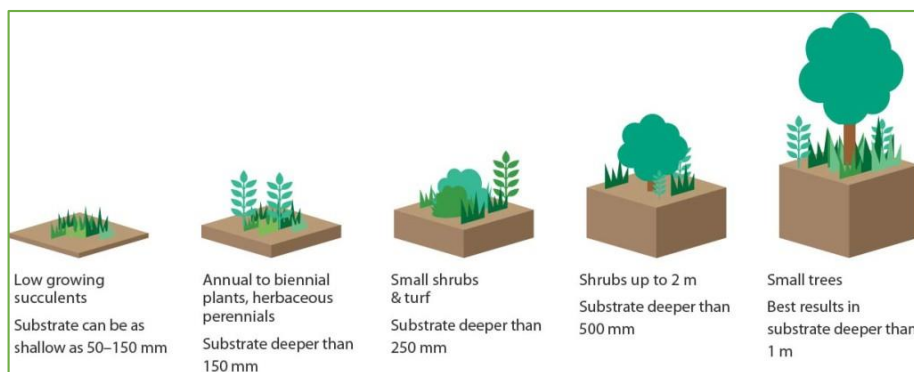


Figura 8.3 - Adequabilidade de plantas a usar em coberturas verdes, de acordo com a profundidade do substrato. (Fonte: DEPI, s.d.).

Neste caso, uma vez que se propõe o uso de coberturas extensivas (com uma profundidade até 15 cm), as plantas mais adequadas a utilizar são as suculentas de baixo crescimento. Segundo DEPI (s.d.), é ainda referido que, para coberturas cuja função principal seja a gestão de águas pluviais através do armazenamento e remoção de contaminantes da água, as melhores plantas a usar são as espécies herbáceas e arbustivas. Apesar destas plantas (herbáceas e arbustivas) apresentarem maiores necessidades de água relativamente às suculentas, o movimento da água através do substrato e de volta para a atmosfera é mais eficiente usando plantas herbáceas como interface.

As plantas para este tipo de cobertura têm de ser resistentes à intensa radiação solar, exposição ao vento, falta de água e humidade do ar, baixo teor em nutrientes no solo e áreas limitadas para o desenvolvimento de raízes. As plantas mais adequadas são as rasteiras, com as principais variedades *Sedum* e *Sempervivum*, da família das *Crassulaceae*. Este tipo de plantas possui um metabolismo ácido, que lhes confere a particularidade de, durante a noite, através da abertura dos estomas, absorvem dióxido de carbono que é armazenado sob a forma de ácido málico; durante o dia, com a incidência da luz solar, o ácido málico é transformado em moléculas de glicose e usado na autossuficiência da planta. Este tipo de plantas tem a capacidade de armazenar muita água nas suas folhas e recuperam muito facilmente de períodos de seca (Pinto, 2014).



Figura 8.4 - Espécies de plantas rasteiras que podem ser usadas em coberturas extensivas: *Sedum acre diploid* (esquerda), *Sedum album athoum* (centro) e *Sempervivum "Fame"* (direita). (Fonte: Pinto, 2014).

Como complemento, pode ser interessante sugerir aos moradores a implementação de um espaço dedicado à apicultura nas suas coberturas. Para tal, seria necessária a sensibilização dos moradores para a importância das abelhas nos ecossistemas, a formação técnica destes e, uma abordagem aos benefícios económicos advindos desta prática, uma que é cada vez mais comum nas coberturas verdes de empresas nos arranha-céus de Nova Iorque (Figura 8.5).



Figura 8.5 - Apicultura para produção e venda de mel num telhado verde de Nova Iorque. (Fonte: NYT, 2013).

Canteiros, valas e jardins

À semelhança do *pocket park* de Derbyshire, Londres, apresentado previamente no capítulo 3.5, outra proposta na forma de lidar com a água pluvial na zona, será a implementação de vários canteiros de atenuação, vala de infiltração de água ao longo das margens da vala, poços de árvores e um *rain garden* (exemplificadas na Figura 8.6), como zonas destinadas à infiltração de água.

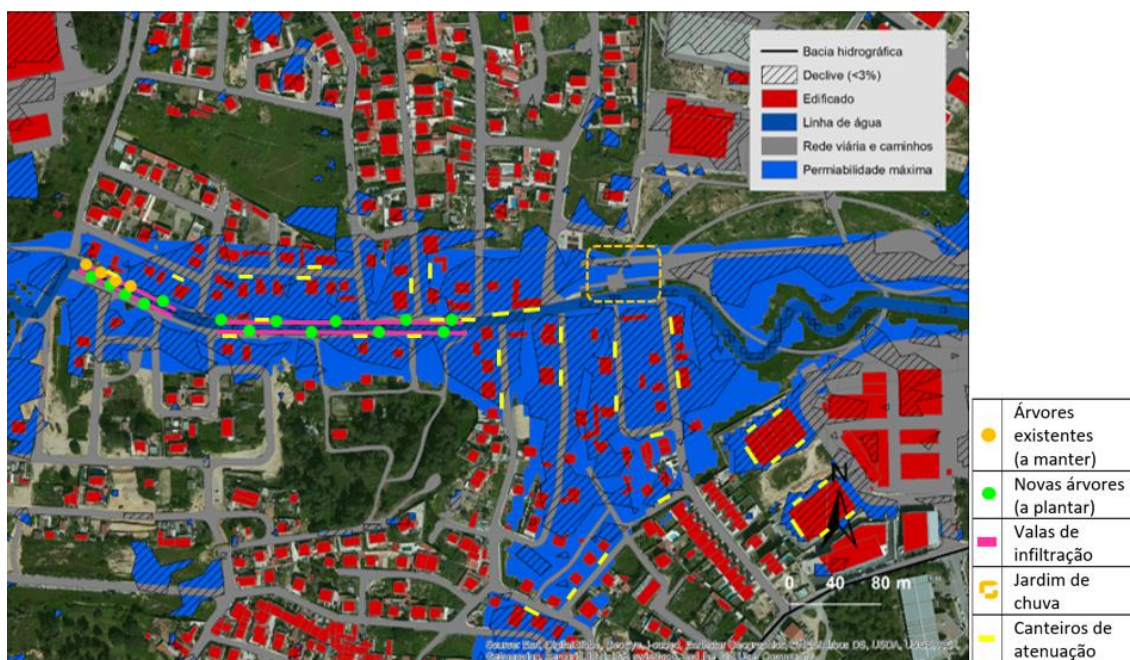


Figura 8.6 - Delimitação proposta para a implementação de canteiros de atenuação, árvores, valas e jardins, para armazenamento de água.

A implementação de vários canteiros de atenuação é uma boa opção para armazenar uma certa quantidade de água, ao mesmo tempo que se apresentam como um elemento estético que valoriza a zona. Ao situar-se perto das habitações permite que estas tenham caleiras a direcionar a água das coberturas para os canteiros, que também devem ter um tubo de saída, caso a capacidade máxima seja atingida, a direcionar a água para zonas de infiltração (como as valas cegas), ou para o sistema de drenagem convencional. Os canteiros apresentam ainda a vantagem de requerer pouca manutenção, que pode ser feita pelos moradores da zona. Na Figura 8.7 é possível observar as componentes estruturais de um canteiro de plantação, neste caso, na margem de uma estrada. E, na Figura 8.8, é apresentado um exemplo de um canteiro de atenuação de água pluvial, com conduta de saída de água excedente.

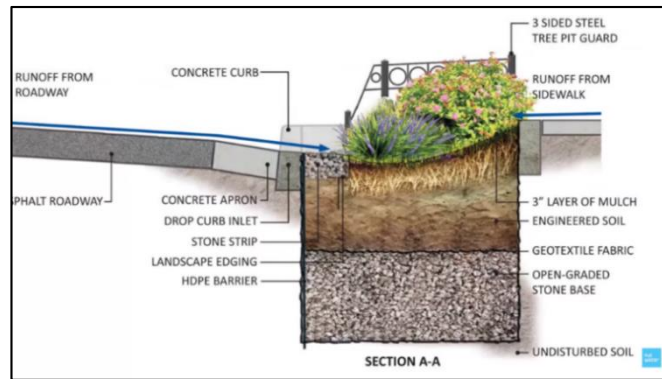


Figura 8.7 - Componentes estruturais de um canteiro de plantação. (Fonte: NYC-DEP, 2013).



Figura 8.8 - Representação de um canteiro de atenuação de água pluvial. (Fonte: Walker, 2015).

As valas – canais não impermeabilizados e revestidos com material vegetal – instaladas nas margens da vala permitem um armazenamento temporário de água, oriunda de caleiras ou do escoamento superficial (Figura 8.9). Uma parte da água infiltra-se no solo e, outra parte, evapora, diminuindo o escoamento superficial e aumentando o tempo de concentração.



Figura 8.9 - Representação de uma vala cega (*swale*). (Fonte: EC, 2015).

A instalação de valas cegas nas margens da vala pode ser incorporada de forma a dar continuidade à vala, valorizando o sentido estético e cumprindo à mesma o efeito. A Figura 8.10 representa o mesmo, fazendo uso de um meio vegetado combinado com pavimento permeável no seguimento do curso de uma linha de água.



Figura 8.10 - Linha de água com margens alargadas, vegetadas e cobertas com pavimento permeável. (Fonte: Walker, 2015)

Propõe-se ainda um jardim de chuva (Figura 8.11), na entrada oeste do Parque da Sobreda, que consiste numa pequena bacia pouco profunda, com o objetivo de recolher a água da chuva, filtrar alguns dos seus poluentes e favorecer a sua infiltração no solo. Neste caso, é preciso ter atenção às espécies usadas, devendo estas ser autóctones da região e ter uma boa tolerância ao período seco, bem como à submersão ocasional por água.



Figura 8.11 - Representação de um jardim de chuva (*rain garden*). (Fonte: EC, 2015).

Quanto à plantação de árvores nas margens da vala, pretende-se criar uma “barreira natural” e medida extra de infiltração da água excedente que transborde. Esta plantação deve ser feita recorrendo a espécies autóctones, de forma a manter a biodiversidade local e impedindo a proliferação de espécies invasoras (como as canas, que já existem no local).

Marques *et al.* (2011), recomenda o uso de árvores pequenas, arbustos grandes e herbáceas de flor com baixa exigência de manutenção, como:

- ❖ Exemplos de árvores: *Magnolia x soulan-geana*, *Malus* sp., *Pyrus* sp., *Prunus* sp., *Quercus robur*, *Olea europaea*, *Acer palmatum*, *Arbutus unedo*, *Laurus nobilis*, *Prunus lusitanica*, *Taxus baccata*, etc.
- ❖ Exemplos de arbustos: *Viburnum tinus*, *Teucrium fruticans*, *Berberis thunbergii*, *Rosa rugosa*, *Skimmia japonica*, *Camelia* sp., *Spirea* sp., *Forsythia* sp., *Rhododendron indica* (Azalea), *Juniperus* sp., *Ceanothus* sp., *Hydrangea macrophylla*, *Lavandula angustifolia*, *Hy-pericum* sp.

- ❖ Exemplos de herbáceas: *Hedera helix*, *Vinca sp.*, *Ophiopogon sp.*, *Agapanthus africanus*, *Acanthus mollis*, *Bergenia crassifolia*, *Festuca glauca*.

As árvores plantadas devem ter um porte leve adequado à dimensão do passeio e da rua, de forma a não oprimir o sentido estético e a identidade da rua e, também para permitir a ventilação natural do ar (Marques *et al.*, 2011).

Recomenda-se que sejam plantadas em trincheiras, protegidas por uma grelha metálica sobre areão. Caso não seja possível, a caldeira deve ter no mínimo 1 metro de largura e 1,5 metros de comprimento. Quando o espaço disponível não permita a colocação de caldeiras para as árvores, a simples colocação de uma árvore num alargamento de passeio é suficiente para afirmar a presença verde, valorizando ainda o espaço (Marques *et al.*, 2011).

Zona de lazer associada a espaço de retenção de água

Sendo esta uma zona com uma vasta rede de cursos de água e, estando no âmbito da presente dissertação avaliar o contributo das IV na adaptação a riscos derivados das alterações climáticas, para uma gestão urbana sustentável e resiliente, é ponderada a criação de uma zona húmida a jusante dos espaços urbanos (visto já existir uma bacia de retenção a montante), de forma a reter quantidades de água excedente após picos de precipitação intensa e evitar a ocorrência de inundações.

Numa ótica de combinar o armazenamento de água (uma questão técnica a considerar), com a melhoria da qualidade do espaço público urbano, sugere-se que na zona dedicada ao Parque Multiusos da Sobreda seja criada uma zona semelhante à já apresentada nos casos de *Gladsaxe* e de *Enghaveparken*. A zona seria um espaço público de convivência e de recreio, ou especificamente dedicado à prática de desportos de campo, como basquetebol, futebol, ténis, skate, entre outros, servindo simultaneamente o propósito de campo de jogos e, em caso de necessidade durante precipitações de grande intensidade, tornando-se num espaço dedicado ao armazenamento de água. A Figura 8.12 apresenta outro caso semelhante, o *Waterplein Benthemliën*, em Roterdão, Holanda, que faz uso de 3 bacias de armazenamento de água que também funcionam como espaço de recreio e lazer para os visitantes.



Figura 8.12 - *Waterplein Benthemliën*, Roterdão, Holanda. (Fonte: Thiel, 2015).

Após a chuvada, a água armazenada é escoada lentamente para um sistema de infiltração subterrâneo, ou para a rede de drenagem municipal. Ao permitir o escoamento de forma lenta e espaçada evita-se o sobrecarregamento da capacidade da rede de drenagem, evitando inundações e danos às infraestruturas.

Espaços públicos abertos

Como forma de promover o uso e qualificar os espaços públicos abertos existentes, uma vertente bastante valorizada na Cidade dos Vales, propõe-se a requalificação do espaço público no Parque Multiusos da Sobreda (Figura 8.13 delimitado a laranja).

espécies a aplicar devem ser fortemente sensoriais, ao nível de flor, cor, fragrância e forma, como: *Prunus* sp., *Pyrus* sp., *Malus* sp., *Olea europaea europaea*, *Cercis siliquastrum*, *Magnolia denudata*, *Lavandula angustifolia*. (Marques *et al.*, 2011)

O micro-parque pode ser complementado ao nível do mobiliário urbano, através do uso de bancos, bebedouros, quiosques, parque infantil e/ou através do uso da cultura, pelo uso de estátuas e peças artísticas. Em Cascais existe o programa CEVAR – Construção de Espaços Verdes de Áreas Reduzidas que requalifica pequenos pedaços de terreno em espaços verdes. Alguns exemplos de micro-parques são apresentados de seguida (Figura 8.15):

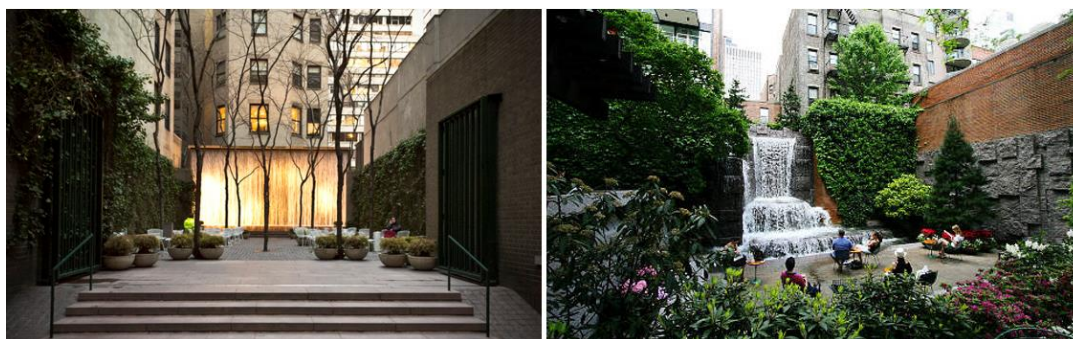


Figura 8.15 - Paley Park, Nova Iorque - primeiro pocket park do mundo (esquerda); Greenacre Park, Nova Iorque (direita). (Fonte: Anónimo, s.d.b).

Mobilidade

Relativamente ao sistema de mobilidade presente, existem alguns problemas já identificados, pelo que é essencial a requalificação da rede viária de forma a existir uma maior adaptabilidade aos modos de transporte suave. Esta requalificação deve acontecer não apenas ao nível da rede viária já existente, mas também através da criação de ruas multifuncionais (Figura 8.16) e de caminhos pedonais e cicláveis com um bom meio envolvente e ligando pontos estratégicos do território, de forma a incentivar os moradores a adotarem este tipo de meio de transporte no seu quotidiano.



Figura 8.16 - Imagem de uma rua multifuncional em Leiria, fazendo uso de pavimento permeável. (Fonte: Chula, 2014).

Sugere-se ainda a pavimentação das ruas com pavimentos permeáveis e a substituição dos pavimentos alcatroados pelos mesmos, fazendo uma ligação esteticamente agradável com a paisagem envolvente, ao mesmo tempo que ajuda na gestão sustentável da água no local.

Os pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água da chuva através da superfície, seja para camadas subjacentes (solo e aquíferos), seja para ser armazenada debaixo do solo e libertada

a um ritmo controlado para a superfície, de modo a evitar picos de cheias que possam causar inundações repentinas (EC, 2015).

Um pavimento permeável pode assumir várias formas, sendo as mais comuns e adaptáveis ao caso de estudo as seguintes (representadas na Figura 8.18):

- ❖ Calçada sobre areia (calçada de cubo, calçada de pedra irregular, lajes reaproveitadas) – rede quadrangular de pedras com espaços de 1 cm entre si, permitindo a infiltração da água através do pavimento (Figura 8.18, em cima à esquerda);
- ❖ Asfalto poroso – mistura de cimento, ou asfalto, em que as partículas mais finas são deixadas de fora de modo a tornar a mistura mais permeável e permitir a passagem da água (Figura 8.18, em cima à direita).

A comparação entre a permeabilidade do asfalto poroso, em comparação com asfalto convencional é mostrada na Figura 8.17, comprovando que, numa zona coberta com asfalto poroso a água consegue-se infiltrar no subsolo, e numa zona que use asfalto convencional, há acumulação de água no pavimento;



Figura 8.17 - Comparação entre asfalto poroso e asfalto convencional. (Fonte: Walker, 2015).

- ❖ Uso de inertes (gravilha, seixo, areão, brita);
- ❖ Pavimento perfurado que permite o crescimento de vegetação à superfície através dos buracos existentes (Figura 8.18, em baixo).



Figura 8.18 - Exemplos de pavimentos permeáveis. (Fonte: MLWS-UBC, 2014).

9 Outras propostas de atuação

“Para a maioria, o design é invisível. Até falhar.” – Bruce Mau, *Massive Change* (2004).

Dado o estudo e a investigação feita a nível da requalificação de espaços, serão ainda apresentadas de seguida algumas propostas de reconversão de uma área mais alargada, para além do setor pormenor, de forma a aumentar a resiliência e sustentabilidade da sub-bacia da Regateira.

Resíduos

A nível do tratamento de resíduos na zona da Vala da Regateira, propõe-se a instalação de mais contentores, caixotes e papeleiras, de forma a reduzir a quantidade de resíduos despejados na vala, que impedem o normal fluxo do curso de água e podem causar problemas de entupimento das grelhas de sarjetas e condutas de drenagem.

Energia

Relativamente ao uso de energia na zona, a abordagem passa não pelo uso sustentável da água pluvial, mas sim por uma abordagem de gestão urbana sustentável e resiliente. Para tal, sugere-se a criação de energia a partir de fontes renováveis como o uso de painéis solares e luzes eficientes (LED) para iluminação pública e semaforização.

O projeto apresentado na Figura 9.1, mostra uma visão inovadora e sustentável de como fazer uso da iluminação pública, criando um espaço mais atrativo e agradável para a população. O projeto das “Árvores Solares” tem embutido um sistema de inteligência artificial que permite que controlar a energia e a luz emitida. As luzes LED são ligadas automaticamente ao anoitecer e o sistema de inteligência artificial regula a intensidade luminosa necessária, tendo em conta a bateria disponível e as condições de luz natural existentes. Estas “árvores solares” foram desenvolvidas de forma a poderem operar “fora da rede” e “dentro da rede”, de forma a injetar o excesso de energia produzido na rede de energia municipal. Numa situação “fora da rede”, a “árvore solar” é autónoma, conseguindo produzir luz durante 3 dias, completamente independente de energia fornecida pela rede.



Figura 9.1 – Projeto “The Solar Tree”, no Reino Unido. (Fonte: Anónimo, s.d.a).

Outro projeto semelhante, é o projeto das “Flores de Phoenix”, na Escócia (Figura 9.2), que também envolveu a criação de um espaço público de convivência para a comunidade, associado a um sistema de iluminação LED eficiente.



Figura 9.2 – Projeto “Phoenix Flowers”, em Glasgow, Escócia. (Fonte: Portilla, 2010).

Espaços verdes de conectividade ecológica

Segundo o caderno técnico da CMA (2011b), do ponto de vista da preservação da biodiversidade, a presença de certos elementos na paisagem, como os corredores ecológicos podem facilitar a movimentação das espécies e a troca genética entre populações, garantindo uma maior resiliência dos habitats. Para tal, deve ser garantida a:

- Preservação dos solos férteis e com maior capacidade de produção de biomassa;
- Manutenção da diversidade genética, populações raras e espécies endémicas;
- Existência de bolsas de conservação da biodiversidade, habitats e processos dos ecossistemas;
- Promoção da biodiversidade em meio urbano, através de um sistema de áreas e corredores ecológicos que integram a EEU;
- Conservação de habitats, por exemplo, os habitats de anfíbios devem ser mantidos através da preservação de zonas húmidas, da criação de massas de água de pequenas dimensões onde estas escasseiem e de medidas de diminuição da mortalidade nas estradas;
- Utilização de espécies autóctones – a introdução de espécies alóctones altera a estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Para além das alterações das relações tróficas, de competição ou parasitismo, as condições edafo-climáticas podem ser alteradas, assim

como as espécies alóctones podem tomar comportamentos invasores nas áreas naturais externas às cidades.

Propõe-se a criação de uma rede integrada de parques e jardins que promova a conectividade a nível concelhio e intermunicipal (Figura 9.3), através da valorização de um conjunto de corredores ecológicos, unidos através de espaços verdes existentes e propostos (CMA, 2014).



Figura 9.3 - Corredores ecológicos multifuncionais no Sistema Ambiental – Proposta preliminar para a Cidade dos Vales em Alameda. (Fonte: CMA, 2014).

A implementação do *Sistema Integrado de Parques Verdes* no território dos Vales será importante para garantir a sua conectividade e integridade ecológica, mas também para salvaguardar a capacidade de produção de biomassa agrícola (Figura 9.4). A manutenção e criação de espaços verdes e corredores ecológicos em meio urbano cria oportunidades à biodiversidade, fomentando as trocas de genes, materiais e energia através da cidade e promovendo a ligação ecológica entre manchas de importante valor conservativo localizadas fora da cidade e por ela interrompidas. Estas manchas verdes em espaço urbano devem ser próximas e com características ecológicas compatíveis, garantindo uma maior integridade e eficácia nas conexões ecológicas (CMA, 2011b).



Figura 9.4 - Exemplo de um espaço de conectividade ecológica, ligando percursos através de manchas verdes na cidade. (Fonte: CMA, 2014).

Estas importantes áreas verdes no interior das áreas mais edificadas e um conjunto de valas acompanhadas por vegetação ripícola, constituem uma rede de espaços e corredores verdes de grande valor para a continuidade ecológica no concelho, para além de formarem sistemas de “stepping-stones” para a fauna e flora (CMA, 2014).

Zonas agrícolas

É bastante importante fazer uso da prática de cultivo agrícola na Cidade dos Vales, implementando mais áreas propícias ao efeito, como hortas comunitárias.

O parque agrícola pode ser composto por hortas comunitárias, pomares com grande diversidade frutícola, jardins de flores, zonas de convívio e de venda, abrigos para as ferramentas e pombais. A sua função, além de produtiva, é também didática e de recreio. Deve ser instruído e estar bem claro para este local um código de boas práticas agrícolas, sendo só permitida a agricultura biológica, de modo a manter a salubridade do solo e evitar a poluição dos lençóis freáticos e linhas de água superficiais, devido ao risco de arrasto de fertilizantes e pesticidas (Marques *et al.*, 2011).

No local, devem ser disponibilizados abrigos para as ferramentas e outros materiais e, devem ser criadas uma, ou várias, zonas de convívio para todos os intervenientes no espaço, um local amplo onde se possam inclusive realizar periodicamente feiras e vendas dos produtos do parque agrícola para o público em geral (Marques *et al.*, 2011).

Existe também a possibilidade da criação de um parque agroflorestal na Quinta dos Medronheiros, com caminhos de recreio desenhados através do arvoredo, a ligar várias zonas do parque. Este parque seria constituído por áreas agrícolas associadas a quintas existentes e, uma zona florestal de produção cujo acesso seria público. As quintas podem, ou não, manter-se privadas, devendo, no entanto, garantir a preservação da qualidade agrícola e do património associado (Marques *et al.*, 2011). Na Figura 9.5 encontra-se a representação de um parque agrícola, espaço de convívio e envolvimento dos moradores da região. E, na Figura 9.6, a sugestão de um parque agrícola na zona de Vale Figueira, já com localização proposta para a zona da Cidade dos Vales, por ser uma área pertencente à RAN.



Figura 9.5 - Parque agrícola com participação pública dos moradores da zona. (Fonte: Shea, 2011).



Figura 9.6 - Parque agrícola em Vale Figueira e a localização na Cidade dos Vales. (Fonte: CMA, 2014).

Envolver a população

“Cities have the capability of providing something for everybody, only because, and only when, they are created by everybody.”

– Jane Jacobs, *The death and life of great American Cities* (1961).

Um dos fatores mais importantes no sucesso de implementação de um projeto desta natureza, é a receptividade com que os cidadãos e a população local o encaram. Assim, o envolvimento da população no desenvolvimento do projeto e em todos os processos de decisão associados, é de extrema importância e merece o maior cuidado.

Um exemplo apresentado por Hoffmann *et al.*, (2015) de envolvimento dos cidadãos locais na implementação de um projeto, que se mostrou, no fim, por ser bem-sucedido, passou-se na Dinamarca. No bairro de Risvangen, na cidade de Aarhus, não há sistemas de drenagem de águas pluviais cavados no solo; em vez disso, toda a água da chuva é tratada à superfície usando vários elementos de SUDS. Neste bairro, os cidadãos locais podem escolher entre lidar com a água da chuva nos seus próprios lotes e, em troca recebem um reembolso financeiro pelos custos de conexão ou, podem optar por conduzir a água, superficialmente, até uma zona pública próxima, onde a companhia de água local será encarregue de a tratar.

Conseguir a participação e adesão dos cidadãos num projeto deste tipo é, por vezes, uma tarefa difícil, no entanto, crucial. Enquanto alguns moradores abraçaram as novas soluções de lazer de forma positiva, outros cidadãos mais céticos receberam o projeto com alguma resistência. Assim, tem de existir um especial cuidado por parte da equipa projetista de forma a ser convincente na sua abordagem e, grandes esforços foram feitos para ter a certeza de que o processo de envolvimento dos cidadãos era dirigido de forma correta. Uma série de *workshops*, sessões de esclarecimentos e sessões de aconselhamento individuais em lotes privados foram realizadas de forma a atingir o nível de uma implementação do projeto bem-sucedida (Hoffmann *et al.*, 2015).

A longo prazo, quanto mais a comunidade local entender o propósito do projeto, maior será a sua preocupação em mantê-lo e, o impacto atingido será muito maior.

Desta forma, é muito importante incentivar os moradores, não só a manterem as zonas permeáveis dos seus quintais e evitarem a sua impermeabilização, como a terem barris de chuva (*rain barrels*

– Figura 9.7) ligados através de calhas e caleiras às zonas permeáveis dos seus quintais. Estes barris de armazenamento de água são uma excelente opção no que respeita a diminuir a quantidade de água escoada superficialmente e, serve como reserva de água para usos alternativos, como a rega de quintais, hortas, lavagem de carros, entre outros.



Figura 9.7 - Tanques de armazenamento, de grande dimensão (esquerda), e barril de armazenamento de água da chuva, de pequena dimensão (direita). (Fonte: EC, 2015).

Outras práticas de envolvimento da população consistem nas apresentadas para o setor pormenor, como as atividades culturais e de lazer em parques, que fomentam a ligação das pessoas ao seu bairro, ou a produção e venda de mel produzido nas coberturas das suas casas, aumentando a preocupação e a sensibilização dos moradores para a importância da proteção dos ecossistemas no meio urbano.

À semelhança de um projeto muito bem-sucedido realizado na freguesia da Estrela, em Lisboa, uma ideia interessante seria a criação de uma aplicação móvel em que os munícipes possam relatar a ocorrência de acidentes, incongruências ou situações de risco no seu município, de forma a alertar as autoridades competentes. Outra ferramenta desta aplicação é dar a possibilidade aos munícipes de lá relatarem o que estão a fazer, individualmente ou em grupo, para melhorar o seu município, criando um sentimento de envolvimento e responsabilidade de participação pública no cuidado diário da zona. A aplicação móvel da freguesia da Estrela pode ser consultada em <http://geoestrela.pt> e, uma semelhante no Reino Unido, em <https://www.fixmystreet.com/>.

É muito importante que a respetiva aplicação seja eficaz e trate todas as situações relatadas com a maior brevidade e seriedade possível, de forma a não desacreditar a plataforma e não criar um sentido de desconfiança ou credibilidade da população face aos órgãos municipais.

Património

“We cannot hope to build a better world without improving the individuals.”

– Pierre Curie (1923).

Sendo a zona da Sobreda, e a Cidade dos Vales, uma zona com um centro histórico e uma grande identidade cultural, esta é uma componente que não podia ser descurada na elaboração de propostas de requalificação da zona. De facto, a zona de estudo não tem muitos espaços de convivência para os moradores da região, à exceção do Parque Multiusos e, mesmo este, apenas se apresenta como um espaço de recreio durante o dia. Assim, sugere-se a criação de algumas atividades neste espaço amplo, de forma a criar mais relações e a fomentar a convivência entre moradores, a partilha de experiências e a criação de um elo identitário ao local onde residem.

Ao nível das edificações, poder-se-iam propor algumas medidas de incentivo, parcialmente suportadas pelos municípios, quando se verifique a intenção de aplicar soluções consideradas sustentáveis, como a aplicação de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas numa

habitação unifamiliar (custo médio de cerca de 2 500€), sistemas fotovoltaicos para produção de energia elétrica (uma área de 40m² de painéis por instalação terá um custo de cerca de 22 500€), criação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para efeitos de rega, lavagens e descargas sanitárias, aproveitamento de energia solar para o próprio aquecimento das edificações ou, ainda, a introdução de soluções de aproveitamento de energia eólica. Tais medidas apresentam ainda resultados constatados na redução de despesas para os moradores e, simultaneamente, enriquecem as características sustentáveis do bairro (Chula, 2014).

De forma a enfatizar o património cultural, realça-se o projeto "*Impulse*", que consistiu numa instalação de inverno realizada na cidade de Montreal, Canadá (Figura 9.8). O projeto consistiu na instalação de grandes gangorras e na projeção de vídeos nas fachadas dos edifícios adjacentes, sincronizadas com a música, transformaram completamente uma zona, anteriormente calma e parada, numa zona de animação e de convívio noturno. Quanto às gangorras, embora sejam usadas como um típico aparelho de diversão, o seu movimento ativa luzes e altifalantes embutidos, originando músicas em concerto para produzir uma composição em constante mudança.

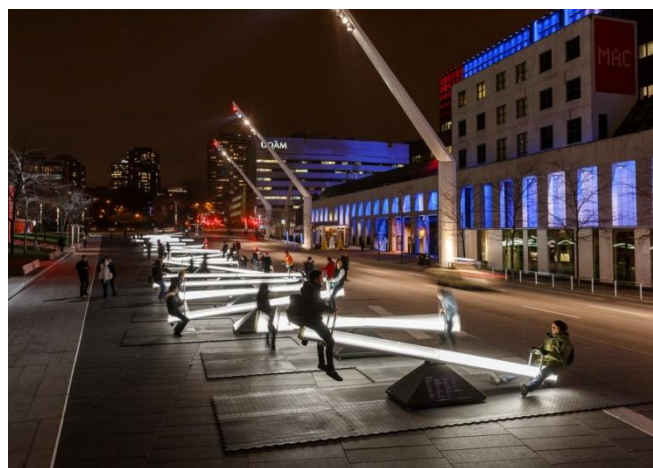


Figura 9.8 - Projeto "*Impulse*" em Montreal, Canadá. (Fonte: Oh, 2015).

Como forma de realçar o património cultural da região, sugere-se que as projeções, músicas e relatos passados nas fachadas dos edifícios ou nos altifalantes, sejam relativos à História do concelho de Almada, a história das pessoas – histórias reais de moradores, o modo de criação das zonas mais antigas, o núcleo histórico da Sobreda e tantas outras curiosidades que muitos dos moradores não sabem.

O local que se considera mais adequado seria na zona norte do Parque Multiusos da Sobreda, em frente ao Complexo Municipal de Piscinas da Sobreda, por ser um espaço amplo e livre e, devido às fachadas deste edifício serem de maiores dimensões, o que permite projeções com melhor visibilidade.

10 Conclusões e Recomendações

Finalizando a corrente dissertação, fica bem assente a necessidade e a importância de integrar os espaços verdes no espaço urbano. Os espaços verdes, através das suas diferentes funções e características, promovem a sustentabilidade urbana, sendo um elemento bastante importante a considerar no processo de planeamento da cidade e na coesão territorial do espaço urbano.

Não é intuito da autora sugerir a remoção de espaços “cinzentos” do meio urbano necessários à vida em sociedade, mas sim, a implementação, investimento e, principalmente, a correta integração de infraestruturas verdes adequadas à cidade. Como foi avaliado, estas têm um custo inerente associado, no entanto, pondo a situação em perspetiva e tendo em conta os seus benefícios a longo prazo, é da opinião da autora que estas compensam o seu investimento.

Desta forma, incentiva-se o aumento, não só da quantidade impensada, mas sim da qualidade dos espaços verdes nas cidades, com vista, por um lado, a aumentar as possibilidades de recreio e lazer e, por outro lado, a influenciar o microclima da cidade, aumentar o conforto bioclimático nos edifícios, reduzir o risco associado à ocorrência de eventos meteorológicos extremos, reduzir os danos e mortes associadas, reduzir os níveis de poluição e, conseqüentemente, melhorar o estilo e qualidade de vida dos seus moradores.

Após a análise realizada à situação de referência da Cidade dos Vales, avaliando os seus sistemas e riscos associados, bem como uma análise aprofundada das condições de escoamento na sub-bacia da Regateira, verificou-se que esta apresenta um relevo suave e pouco acentuado, com declives moderados e com uma formação litológica predominantemente permeável.

Com o valor de declives a rondar os 2% e um índice de rugosidade baixo, verifica-se que o relevo da zona é suave e ondulado, quase plano, pelo que não é uma área com elevada probabilidade de ser assolada por cheias e é pouco suscetível a fenómenos de erosão.

A ocupação do solo da sub-bacia caracteriza-se pela existência de áreas urbanas de baixa densidade, predominando as habitações unifamiliares com lotes de terreno pouco impermeabilizados, com áreas de vegetação rasteira e arbustiva e, algumas áreas de vegetação com porte arbóreo. A sub-bacia apresenta 34% da sua área coberta por vegetação, verificando-se a predominância das culturas de sequeiro e, uma forte impermeabilização devido à área construída de cerca de 66% da área total da sub-bacia.

Os solos são maioritariamente constituídos por aluviossolos modernos e solos litólicos não húmicos, ambos caracterizados por uma permeabilidade relativamente elevada, o que confere à bacia uma boa capacidade de infiltração e recarga aquífera, reduzindo o escoamento superficial direto das águas pluviais e diminuindo o risco de inundação.

Devido à grande quantidade de linhas de água presentes na zona, o maior risco associado e que pode ser acrescido com o avançar das alterações climáticas, considera-se que seja o risco da ocorrência de cheias e inundações na zona, principalmente pelo aglomerado de AUGI presentes, que é minimizado pela existência de uma bacia de retenção de 1 ha à cabeceira da Vala da Regateira. Ainda, assim, os primeiros resultados obtidos dão a indicação de que esta se trata de uma área de baixo risco de inundação, atendendo a que, do ponto de vista hidrológico, a sub-bacia

da Regateira, com uma área de 2,62 km², apresenta um fator de forma e índice de conformação de 0,21 e um coeficiente de compacidade de 1,30. Os valores obtidos relativamente à forma da bacia, indicam que esta tem uma forma aproximadamente circular, revelando uma menor tendência à ocorrência de cheias e, no caso de estas ocorrerem, existe uma tendência mediana para que estas sejam de grandes dimensões.

Quando à drenagem, a sub-bacia tem um grau de ramificação de ordem 3 e magnitude de 11, o que evidencia o elevado número de cursos de água nela existentes. Pelos valores obtidos de densidade de drenagem (3,23 km/km²), densidade hídrica (4 cursos de água/km²) e de percurso médio do escoamento superficial (0,08 km), verifica-se que a sub-bacia da Regateira é uma bacia bem drenada.

Para além dos resultados obtidos, a autora pesquisou por notícias relativas a inundações na zona e, nem os SMAS nem a Proteção Civil possui um registo de cheias, pelo que se considera não haver registos históricos de inundações graves na zona. Para além da pesquisa, a autora falou com alguns moradores da zona, que relatam a existência de alguns escoamentos nas ruas devido à sua inclinação, mas não têm memória de haver problemas de inundações na zona estudada. O facto de não haver registos, ou memórias, de eventos passados, não garante de forma alguma a possibilidade de que tal não possa ocorrer no futuro.

Os valores obtidos segundo os métodos de David, Ven Te Chow e do SCS mostram que o tempo de concentração da água na sub-bacia é de, aproximadamente, 47 minutos. O caudal de ponta de cheia, calculado segundo a Fórmula Racional, originou um valor de 10 m³/s, sendo o volume de água afluente à cabeça da Vala da Regateira de 19.080 m³, considerando o que fica retido na bacia de retenção a montante.

De acordo com as características da sub-bacia, foram atribuídas classes de permeabilidade de forma a calcular as zonas máxima permeabilidade. O índice de vulnerabilidade ao perigo de inundação, identifica áreas de maior permeabilidade e de maior probabilidade de concentração de água, podendo considerar-se estas áreas como as mais suscetíveis de serem inundadas. As áreas identificadas com as classes mais elevadas de permeabilidade atual, correspondem às áreas de máxima infiltração, com uma maior capacidade para a infiltração das águas pluviais que, portanto, devem estar livres de construção e de impermeabilização do solo.

Dado o valor de altura de água excedente atingida, assume-se que na zona da sub-bacia da Regateira em estudo não há risco considerável de inundação, caso não ocorra uma expansão do meio urbano e, o acréscimo de impermeabilização do solo. Caso se pretenda aumentar a impermeabilização da zona, é de considerar a demolição das habitações situadas em zona de risco e, a sua correspondente realocação. Devido às características inerentes à sub-bacia, o uso do coberto vegetal no solo é de extrema importância devido à litologia local e aos declives associados, de forma a acautelar o risco de erosão do solo e de deslizamentos de terra.

Após a realização do estudo hidrológico, pretendia-se recorrer ao uso do *software* de modelação hidráulica HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center - River Analysis System*) de forma a calcular as áreas inundáveis para um período de retorno de 100 anos, sendo este um dos melhores instrumentos disponíveis atualmente para o efeito. No entanto, trabalhar com estes *softwares* exige uma preparação técnica considerável e dispendiosa de tempo, pelo que, devido à falta de tempo decorrente na elaboração da dissertação não foi possível a sua manipulação.

Importa salientar que apesar de se tratar de uma metodologia robusta, existem algumas limitações ao método usado para delimitar as Zonas Potencialmente Inundáveis, pelo que os resultados preliminares deverão ser confirmados através da incorporação de outras variáveis consideradas fundamentais nos estudos de inundação que, neste caso, não foram consideradas devido à escassez de tempo associada à realização da dissertação. Algumas das variáveis a ter em consideração são, nomeadamente, o tipo de solos (cuja informação disponível se encontra muito desatualizada e

sem escala adequada), a variação do armazenamento de água no meio superficial, os valores reais de evaporação e evapotranspiração de água no local, os níveis de infiltração profunda, a condutividade hidráulica na zona e, o uso de dados meteorológicos à escala local.

Relativamente às medidas de adaptação propostas, estas têm como objetivo principal a gestão integrada das águas pluviais e o controlo da água no local, favorecendo sempre as medidas de retenção natural da água. Favorece-se o uso de coberturas verdes, canteiros, valas e jardins como meio de atenuação do escoamento superficial, parques, pavimentos permeáveis, fontes de energia renováveis e a criação de zonas de recreio e lazer.

Atendendo à configuração e abrangência das áreas de elevada permeabilidade identificadas na zona de estudo, a intervenção na área pode assumir várias vertentes de acordo com o objetivo pretendido. Assim, numa ótica de adaptação às alterações climáticas, são sugeridas estratégias de carácter incremental (defesa/proteção e acomodação) e transformacional (relocalização). Segundo o cenário de Defesa/Proteção, recomenda-se a criação de barreiras naturais/valas de infiltração nas margens da linha de água e a sobrelevação de construções sobre zonas de permeabilidade máxima, de forma a permitir o escoamento natural da água. Segundo o cenário de Acomodação, sugere-se a elevação das habitações sobre estacas e a criação, ou adaptação, de infraestruturas térreas existentes, de forma a que estas possam ser temporariamente inundadas em caso de necessidade. Por fim, surge um cenário de Relocalização das habitações sob zona de risco para um local com menor risco associado. Atualmente, não se considera que seja necessário recorrer a esta abordagem, no entanto, face à incerta evolução do cenário climático, esta poderá ser uma medida de adaptação a considerar, tendo em conta a segurança dos moradores e a salvaguarda das infraestruturas.

Após a identificação dos principais riscos associados à zona da Cidade dos Vales derivados das alterações climáticas expectáveis, a identificação de diferentes estratégias de adaptação e a proposta de soluções de adaptação disponíveis e adaptáveis à zona de estudo, encontra-se cumprido o objetivo principal da dissertação – apresentar o contributo do uso de infraestruturas verdes, para uma gestão urbana mais sustentável e resiliente.

Na área do planeamento urbano, numa ótica de sustentabilidade e resiliência, é essencial recorrer não só a medidas estruturais como também a medidas não estruturais, como instrumentos económicos, legislativos, institucionais e de promoção da participação da sociedade, especialmente, da população local que terá mais impacto no sucesso de um projeto.

Sendo o cenário das alterações climáticas de extremas incertezas, é de realçar que nenhuma medida de adaptação sugerida pela autora se impõe como uma medida de resolução por si só, nem garante o sucesso no controlo de danos e acidentes. Deve ser feita uma constante investigação sobre as alterações no clima local e, uma constante melhoria nas medidas impostas como forma de mitigar / adaptar o território às mesmas.

Pelo facto de se tratar de um caso específico num território municipal, e também pelo facto da dissertação ter sido elaborada em regime de estágio na Câmara Municipal, verificou-se a importância do envolvimento dos decisores políticos no ajuste às mudanças que a temática exige e, principalmente, na sua responsabilidade, dever e benefícios que resultam da implementação destas medidas, devendo contar sempre com alguma resistência e inércia em mudar, por parte da população, mas, também visando sempre os benefícios a longo prazo, tendo em conta as melhores técnicas e a melhor informação disponível no momento de decisão.

Assim, sempre que haja o conhecimento de novos estudos relativos à evolução do clima e, que se revejam os resultados das medidas de adaptação já implementadas, deverá ser desencadeado um novo ciclo de planeamento e revisões, com o objetivo de validar ou adaptar as ações em curso e, identificar novas medidas a tomar.

Referências

Abreu, M. & Pena, S.B. (2013). Permeabilidade e Áreas de Máxima Infiltração. In *Conferência Internacional sobre a Estrutura Ecológica Nacional | Conceitos e Delimitação*, Auditório da Torre do Tombo, Lisboa, 22 novembro 2013.

Aguiar, C. (2016). Tecnologia acelera metas ambientais rumo a emissão zero. Schneider Electric. Disponível na internet através do URL: <http://www.energiainteligente.pt/2016/07/01/tecnologia-acelera-metas-ambientais-rumo-a-emissao-zero/>; consultado em [19-09-2016].

AKKC. (s.d.). *Park of Music – Aalborg*. Aalborg Kongres & Kultur Center. Disponível na internet através do URL: <http://uk.akkc.dk/music--theatre/park-of-music>; consultado em [20-06-2016].

Alcoforado, M.J., Andrade, H., Oliveira, S., Festas, M.J., Rosa, F. (2009). *Alterações climáticas e desenvolvimento urbano. Política de Cidades - 4*. Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. ISBN: 978-972-8569-46-4.

Amado, M.P. (2007). Planeamento Urbano Sustentável – Processo Operativo. *Revista Lusófona de Arquitetura e Educação*, nº 2, 35-44. ISSN: 1646-6756. Disponível no RCAAP: <http://www.rcaap.pt/detail.jsp?id=oai:recil.grupolusofona.pt:10437/389> ou através do URI: <http://hdl.handle.net/10437/389>.

Anónimo. (s.d.a). *Solar Tree*. FunCage. Disponível na internet através do URL: <http://www.funcage.com/blog/solar-tree-8-photos/>; consultado em [20-06-2016].

Anónimo. (s.d.b). *Pocket Parks – Parques que surgem ao virar da esquina*. Noctula Channel. Disponível na internet através do URL: <http://noctulachannel.com/pocket-park-parques-jardins/>; consultado em [05-09-2016].

APA. (2015). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030*. Disponível na internet através do URL: http://sniamb.apambiente.pt/infos/geoportaldocs/Consulta_Publica/DOCS_QEPIC/150515_PN_AC_Consulta_Publica.pdf.

APCV. (s.d.). *Corredores Verdes - Funções e Tipos de Corredores*. Associação Portuguesa de Corredores Verdes. Disponível na internet através do URL: <http://www.apcverdes.org/corredores-verdes/>.

Arup, RPA, Siemens. (2013). *Toolkit for Resilient Cities - Infrastructure, Technology and Urban Planning*. Disponível na internet através do URL: http://w3.siemens.com/topics/global/en/intelligent-infrastructure/Pages/resilience.aspx?stc=wwcg106163&s_kwcid=AL!462!3!80056288095!b!!g!%!2Bresilience%20%2Bcity&ef_id=VxZOewAAAGX-NPHi:20160523111459:s; consultado em [27-05-2016].

Boada, M., Maneja, R. (2016, outubro). Cities are ecosystems - Urban green governance increases the quality of life and protects vital services. Institute of Environmental Science and Technology,

Autonomous University of Barcelona. United Nations Environment Programme. Disponível na internet através do URL: <http://web.unep.org/ourplanet/october-2016/articles/cities-are-ecosystems>.

Brandão, C., Rodrigues R.; Costa, J.P. (2001), Análise de fenómenos extremos. *Precipitações intensas em Portugal Continental*, Instituto Nacional da Água, Direção dos Serviços de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Lisboa.

Cathcart-Keays, A. (2016, janeiro 21). Why Copenhagen is building parks that can turn into ponds. *Citiscopes*. Disponível na internet através do URL: <http://citiscopes.org/story/2016/why-copenhagen-building-parks-can-turn-ponds>; consultado em [27-06-2016].

CCDR-LVT. (2015). Guia metodológico para delimitação da Reserva Ecológica Nacional – Região de Lisboa e Vale do Tejo. Direção de Serviços de Ordenamento do Território.

Chula, P.M.C. (2014). *Desenvolvimento Sustentável em Áreas Urbanas de Génese Ilegal*. (Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Ambiente). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal. Disponível no Repositório da UNL através do URI: <http://hdl.handle.net/10362/14399>.

CMA (1991). *Plano Diretor Municipal – Elementos fundamentais de análise e diagnóstico do concelho de Almada*. Disponível no arquivo da CMA.

CMA (2002). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Almada – Relatório para Consulta Pública*. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/ngt_server_acd/attachfileu.jsp?look_parentBoui=387816300&att_display=n&att_do_wnload=y.

CMA (2011a). *Estudos de Caracterização do Território Municipal | Caderno 1 – Enquadramento Territorial*. Trabalho desenvolvido pelo DPU-CMA. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=20226474&actualmenu=20226344.

CMA (2011b). *Estudos de Caracterização do Território Municipal | Caderno 2: Sistema Ambiental*. Trabalho desenvolvido pelo DEGAS-CMA em colaboração com a AGENEAL. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=20226474&actualmenu=20226344.

CMA (2011c). *Estudos de Caracterização do Território Municipal | Caderno 3 – Sistema de Energia*. Trabalho desenvolvido pelo DEGAS-CMA em colaboração com a AGENEAL. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=20226474&actualmenu=20226344.

CMA (2012a). *Estudos de Caracterização do Território Municipal | Caderno 5 – Sistema Urbano*. Trabalho desenvolvido pelo DPU-CMA. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=20226474&actualmenu=20226344.

CMA (2012b). *Opções do Plano e Orçamento de 2012*. Disponível na internet através do URL: <http://www.m->

almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=62563268.

CMA (2012c). *Cidade / Eixo dos Vales - Sobreda / Charneca da Caparica*. Trabalho desenvolvido pela DEP-DPU-CMA. Disponível na rede interna da CMA.

CMA (2014). *Cidade dos Vales*. Trabalho desenvolvido pela DEP-DPU-CMA. Disponível na rede interna da CMA.

CMA (s.d.a). *Almada num Minuto*. Disponível na internet através do URL: https://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=genericPage&genericContentPage_qry=BOUI=5771022&actualmenu=5770956.

CMA (s.d.b). *Estrutura Ecológica Municipal*. Disponível na internet através do URL: http://www.m-almada.pt/portal/page/portal/AMBIENTE/AMB_NAT_BIO/?amb=0&ambiente_ambiente_bio=12897572&cboui=12897572.

Collischonn, W., Tassi, R. (2008). O Hidrograma Unitário. In Collischonn, W. & Tassi, R., *Introduzindo Hidrologia* (versão 6, capítulo 11, pp. 110-128). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dana Brown & Associates (2015, dezembro 22). *Green Infrastructure in New Orleans* [ficheiro em vídeo]. Com o apoio de New Orleans Redevelopment Authority (NORA) e o Escritório de Desenvolvimento Comunitário do Estado de Louisiana. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GMBdJQPk0pU>.

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H. ... Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115. Academic Press.

DEPI. (2014). *Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia*. Department of Environment and Primary Industries. State of Victoria. ISBN: 978-1-74326-715-8. Disponível na internet através do URL: http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing_green_guide_ebook_130214.pdf.

DEPI. (s.d.). *Growing Green Guide: Green roof plants*. Department of Environment and Primary Industries. State of Victoria. Disponível na internet através do URL: <http://www.growinggreenguide.org/technical-guide/design-and-planning/plant-selection/green-roofs/>.

EC. (2009). *Nature's role in climate change*. European Commission. Disponível na internet através do URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/climate_change/en.pdf.

EC. (2010). *Green infrastructure*. European Commission. Disponível na internet através do URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/greeninfrastructure.pdf>.

EC. (2014a). *Natural Water Retention Measures: Water retention spaces, reforestation and grazing management in southern Portugal*. Disponível na internet através do URL: <http://www.nwrm.eu/case-study/water-retention-spaces-reforestation-and-grazing-management-southern-portugal>.

EC. (2014b). *Natural Water Retention Measures: Green roofs in Geneva, Switzerland*. Disponível na internet através do URL: <http://www.nwrm.eu/case-study/green-roofs-geneva-switzerland>.

EC. (2015). *Natural Water Retention Measures: Urban*. Disponível na internet através do URL: <http://www.nwrm.eu/urban>.

EC. (2016a). *Background on Green Infrastructure*. European Commission. Disponível na internet através do URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/background.htm>.

EC. (2016b). *Natural water retention measures*. European Commission. Disponível na internet através do URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/background.htm>

EEA. (2016). *Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate*. European Environment Agency Report N° 12/2016. ISSN: 1977-8449. ISBN: 978-92-9213-742-7. DOI: 10.2800/021466. Disponível na internet através do URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016>.

FASE (2016). *Projecto de execução da renovação da rede de abastecimento de água, drenagem doméstica e pluvial e regularização da Vala da sub-bacia da Regateira – Charneca da Caparica. Volume 3 – Bacia de Retenção, Vala da Regateira e Vala da Charneca*. FASE - Estudos e Projectos, S.A., em colaboração com Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada. Disponível no arquivo dos SMAS de Almada.

Ferreira, A.L.M. (2010). *Caracterização morfológica das bacias hidrográficas e áreas inundáveis no concelho de Pombal*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos). Departamento de Geografia da Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra e Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Coimbra. Disponível no Repositório da UC através do URI: <http://hdl.handle.net/10316/14706>.

Ferreira, J.C.; Machado, J.R. (2010). Infraestruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. *Revista LABVERDE*, 1 (1), 69-90. ISSN: 2179-2275. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p69-90>.

Figueiredo, M.V. (2015). Jardins suspensos ao serviço da cidade. *Smart Cities – Cidades Sustentáveis*. 6, 42-45. Disponível na internet através do URL: http://www.landlab.pt/fileManager/editor/PDF/SC06_Coberturasajardinadas.pdf.

Freitas, C. (2014). *Construir uma cidade smart e resiliente*. Disponível na internet através do URL: <http://www.dcea.fct.unl.pt/sites/www.dcea.fct.unl.pt/files/imagens/noticias/2014/03/4.%20Construir%20uma%20cidade%20smart%20e%20resiliente.pdf>.

Gonçalves, N.F.H. (2010). *Espaços Verdes no Planeamento Urbano Sustentável*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal. Disponível no Repositório da UNL através do URI: <http://hdl.handle.net/10362/3982>.

HIDRA (2012). *Plano estratégico de drenagem de águas residuais e pluviais do concelho de Almada*. HIDRA - Hidráulica e Ambiente, em colaboração com Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada. Disponível no arquivo dos SMAS de Almada.

Hoffmann, B., Laustsen, A., Jensen, I. H., Jeppesen, J., Briggs, L., Bonnerup, A. ... Milert, T. (2015). Sustainable Urban Drainage Systems: Using rainwater as a resource to create resilient and liveable cities. State of Green. http://orbit.dtu.dk/files/118747536/SUDS_White_paper.pdf.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível na internet através do URL: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.

ISA (2010). Ordenamento do Território - Estrutura Ecológica do concelho de Almada, escala 1:75 000. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

ITeCons. (s.d.). *Adaptis* - Medidas de adaptação: Sistemas de proteção contra inundações. Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade. Disponível na internet através do URL: <http://adaptis.uc.pt/articles/83>; consultado em [20-10-2016].

Jacobs, E. (2016, abril 27). This Futuristic Urban Park Harnesses Energy from Bouncing Children. *Inverse*. Disponível na internet através do URL: <https://www.inverse.com/article/14888-this-futuristic-urban-park-harnesses-energy-from-bouncing-children>; consultado em [27-06-2016].

Jefferies, C. (2016, janeiro 22). *Chris Jefferies - Urban Drainage & Green Infrastructure* [ficheiro em vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SGsQ8e-zgc4>.

Jones, S., Somper, C. (2014). The role of green infrastructure in climate change adaptation in London. *The Geographical Journal*, 180 (2), 191–196. DOI: 10.1111/geoj.12059. Disponível na internet através do URL: <http://ehis.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=1223fdf6-1d08-4e0b-bc29-e7d42b058fc7%40sessionmgr4009&vid=5&hid=4205>.

Júnior, J.C.L., Vieira, W.L., Macêdo, K.G., Souza, S.A., Nascimento, F.A.L. (2012). Determinação das características morfométricas da sub-bacia do riacho madeira cortada, Quixelô, CE. In *VII CONNEPI (VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação)*, Palmas, 19-21 de outubro 2012. ISBN: 978-85-62830-10-5. Disponível na internet através do URL: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2868/1991>.

Knight, M. (2016). *Gardens in the sky: The rise of green urban architecture*. CNN. Disponível na internet através do URL: <http://edition.cnn.com/2016/07/18/architecture/green-skyscrapers-roofs-city-architecture/>; consultado em [22-07-2016].

Lencastre, A., Franco, F.M. (2010). *Lições de Hidrologia*. (3ª ed). Lisboa: Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Little, C.E. (1990). *Greenways for America*. Baltimore and London: The John Hopkins University Press.

Liu, W., Chen, W., & Peng, C. (2014). Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study. *Ecological Modelling*, 291, 6-14. Elsevier. ISSN: 03043800. ISBN: 0304-3800. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012.

LPN (2014). *Alterações Climáticas: Preparar Portugal*. Disponível na internet através do URL: http://www.lpn.pt/Backoffice/UserFiles/menu_lpn/CI/2014/PrepararPortugal2014.pdf.

Lúcio, C.M. (2014), *Análise do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio de Loures e modelação da sua susceptibilidade a cheias*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território). Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. Disponível no Repositório da Universidade de Lisboa, através do URI: <http://hdl.handle.net/10451/20473>.

Machado, A.D. (2001). *“Feijó, meu lindo Feijó!” – O Alentejo na Margem Sul do Tejo*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Antropologia: Património e Identidades).

Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Instituto Universitário de Lisboa. Disponível na internet através do URL: https://www.academia.edu/7759496/FEIJ%C3%93_MEU_LINDO_FEIJ%C3%93_O_ALENT_EJO_NA_MARGEM_SUL_DO_TEJO.

Malakoff, D.; Wigginton, N.; Fahrenkamp-Uppenbrink, J.; Wible, B. (2016). *Rise of the urban planet*. American Association for the Advancement of Science. DOI: 10.1126/science.aaf5729. Disponível na internet através do URL: http://www.sciencemag.org/news/2016/05/rise-urban-planet?utm_campaign=campaign-4278&utm_content=30977251&utm_medium=social&utm_source=linkedin.

Marques, P.F., Curado, M.J., Araújo, I., Silva, S. (2011). *Estrutura Verde Urbana para a Freguesia de Valongo*. Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. ISBN: 978-989-97418-8-1.

Martins, F. (2000), *Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico de Passagens Inferiores Rodoviárias para Águas Pluviais*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, especialidade de Hidráulica e Recursos Hídricos). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Disponível no Repositório Científico do Instituto Politécnico de Viseu, através do URI: <http://hdl.handle.net/10400.19/482>.

MLWS-UBC (2014, fevereiro 24). *Innovative Stormwater Management at the Neighbourhood Scale* [ficheiro em vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=emQ8p6LGBYU>.

NassauSWCD (2016, janeiro 27). *Stormwater Pollution & Green Infrastructure Solutions* [ficheiro em vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ATNy-vaIPXI>.

Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H., Sanders, M. (2011). Ecologic Institute, em cooperação com o Environmental Change Institute, da Oxford University Centre for the Environment. *Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. Final report to the European Commission*. Disponível na internet através do URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/climatechange/pdf/EbA_EBM_CC_FinalReport.pdf.

Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A. ... Sanders, M. (2011). *Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. Final report to the European Commission*, DG Environment, Contract n° 070307/2010/580412/SER/B2, Ecologic Institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment.

Neoturf. (s.d.). *Serviços – Coberturas Ajardinadas*. Disponível na internet através do URL: <http://www.neoturf.pt/pt/coberturas-ajardinadas>; consultado em [09-09-2016].

Norton, B.A., Coutts, A.M., Livesley, S.J., Harris, R.J., Hunter, A.M., Williams, N.S.G. (2015). *Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes*. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127-138. Elsevier.

NYC-DEP (2013, agosto 2). *NYC Green Infrastructure* [ficheiro em vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zrhW2cMTpJs>.

NYT. (2013, agosto 06). *Abelhas produzem mel nos telhados verdes de Nova York*. *The New York Times*. Disponível na internet através do URL: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,abelhas-produzem-mel-nos-telhados-verdes-de-nova-york,161199e>; consultado em [05-09-2016].

Oh, E. (2015, dezembro 19). *Instalação "Impulse" transforma Montreal em um playground musical*. Plataforma Arquitectura. Disponível na internet através do URL: <http://www.archdaily.com.br/br/778926/instalacao-impulse-transforma-montreal-em-um-playground-musical>; consultado em [21-06-2016].

Pinto, C. (2014). *Introdução às coberturas ajardinadas*. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Construções). Mestrado integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Disponível no RCAAP com o identificador: <http://hdl.handle.net/10216/75612>.

Portilla, D. (2010, julho 18). *Garscube Link / 7N Architects + RankinFraser*. Plataforma Arquitectura. Disponível na internet através do URL: http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-48669/garscube-link-7n-architects-rankinfraser?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev; consultado em [21-06-2016].

Saraiva, A.P. (2011). *Alvalade, um bairro sustentável – a água como motor do desenho urbano*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura Paisagista. ISA/UTL. Disponível através do URI: <http://hdl.handle.net/10400.5/4184>; disponível no RCAAP com o número de acesso: rcaap.portugal.10400.5.4184.

Saraiva, M.G. & Carvalho, L. (2009). Risco de Inundação - Metodologia para formulação do indicador Riprocity nº4. In *Workshop e Conferência final do projeto "Rios e Cidades, oportunidades para a sustentabilidade urbana"*, Lisboa, 16-17 fevereiro 2009 (pp. 1-19). Disponível na internet através do URL: http://www.civil.ist.utl.pt/Web-RiProCiTy/files/Artigo_4_risco_inunda%C3%A7%C3%A3o.pdf.

Shea, P. (2011, junho 15). *Gate City Community Gardens*. Visualize Nashua. Disponível na internet através do URL: <http://visualizenashua.com/idea/gatecitycommunitygardens/>; consultado em [18-09-2016].

Shepard, W. (2016). *Can 'sponge cities' solve China's urban flooding problem?* Citiscope. Disponível na internet através do URL: http://citiscope.org/story/2016/can-sponge-cities-solve-chinas-urban-flooding-problem?utm_source=Citiscope&utm_campaign=69da0dbdac-Mailchimp_2016_07_29&utm_medium=email&utm_term=0_ce992dbfef-69da0dbdac-118058421; consultado em [22-07-2016].

Sousa, F.A.; Rodrigues, S.C. (2012). Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*. 11 (25), 141 – 151. DOI: 10.4215/RM2012.1125.0011.

Susdrain (s.d.). *Derbyshire Street Pocket Park, London Borough of Tower Hamlets*. Disponível na internet através do URL: http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/derbyshire_street_pocket_park_london_borough_tower_hamlets_1.html; consultado em [22-07-2016].

Thiel, S. (2015). *Waterplein Benthemplein Reveals the Secret of Versatile Water Squares*. Landscape architecture Posts. Disponível na internet através do URL: <http://landarchs.com/waterplein-benthemplein-reveals-the-secret-of-versatile-water-squares/>; consultado em [20-06-2016].

Tomás, C. (2012, novembro 26). *Seguradoras vigiam risco de cheias*. *Expresso*. Disponível na internet através do URL: http://expresso.sapo.pt/dossies/dossies_ciencia/dossie_mes_do_ambiente_do_expresso_2012/seguradoras-vigiam-risco-de-cheias=f769653; consultado em [20-10-2016].

UN. (2016). Nações Unidas - Habitat III Relatório Nacional - Portugal, 53 (9), 1-174. ISSN: 1098-6596. ISBN: 9788578110796. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Walker, J.J. (2015, julho 30). *Green Infrastructure Case Studies for Urban Renewal* [ficheiro em vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NkPKIeYy0WQ>.

Ziervogel, G., New, M., Archer van Garderen, E., Midgley, G., Taylor, A., Hamann, R. ... Warburton, M. (2014). Climate change impacts and adaptation in South Africa. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 5 (5), 605-620. Wiley-Blackwell. ISSN: 17577799. ISBN: 1757-7780. DOI: 10.1002/wcc.295.

Legislação consultada

Lei n.º 91/95, de 02 de setembro, da Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa. *Reconversão das áreas urbanas de génese ilegal*. Diário da República: I série, n.º 203 (1995).

Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, da Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa. *Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo*. Diário da República: série I-A, n.º 184 (1998).

Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, alterada pelo Decreto-Lei n.º 245/2009, de 22 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho, da Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa. *Lei da Água*. Diário da República: série I-A, n.º 249 (2005).

Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional*. Diário da República: I série, n.º 162 (2008).

Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março, do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. *Regime jurídico da Reserva Agrícola Nacional*. Diário da República: I série, n.º 63 (2009).

Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de novembro, do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Alteração ao Regime jurídico da REN, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto*. Diário da República: I série, n.º 212 (2012).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 68/2002, de 8 de abril de 2002. Aprova o *Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML)*. Diário da República: série I-B, n.º 82 (2002).

Diretiva n.º 92/43/CEE, de 21 de maio de 1992, relativa à “*preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens*”, do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia.

Diretiva Europeia 2007/60/CE, de 23 de outubro de 2007, relativa à “*avaliação e gestão dos riscos de inundações*”, do Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia.

Anexos

Anexo A

Anexo A - Valores médios do coeficiente C a utilizar na Fórmula Racional

Áreas urbanas

Ocupação do solo	C
Zonas verdes:	
relvados em solos arenosos	0,05 – 0,20
relvados em solos pesados	0,15 – 0,35
parques e cemitérios	0,10 – 0,25
campos desportivos	0,20 – 0,35
Zonas comerciais:	
centro da cidade	0,70 – 0,95
periferia	0,50 – 0,70
Zonas residenciais:	
vivendas no centro da cidade	0,30 – 0,50
vivendas na periferia	0,25 – 0,40
prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Zonas industriais:	
indústria dispersa	0,50 – 0,80
indústria concentrada	0,60 – 0,90
Vias férreas	0,20 – 0,40
Ruas e estradas:	
asfaltadas	0,70 – 0,90
de betão	0,80 – 0,95
de tijolo	0,70 – 0,85
Passeios	0,75 – 0,85
Telhados	0,75 – 0,95
Baldios	0,10 – 0,30

Áreas agrícolas



Tipos de solos	C		
	Cobertura da bacia		
	Culturas	Pastagens	Bosques e florestas
Com capacidade de infiltração superior à média; usualmente arenosos.	0,20	0,15	0,10
Com capacidade de infiltração média; sem camadas de argila; solos francos ou similares.	0,40	0,35	0,30
Com capacidade de infiltração inferior à média; solos argilosos pesados ou com uma camada argilosa junto à superfície; solos delgados sobre rocha impermeável.	0,50	0,45	0,40

Anexo B

Anexo B - Representação da sub-bacia da Regateira sobre um ortofotomapa – Área de Estudo

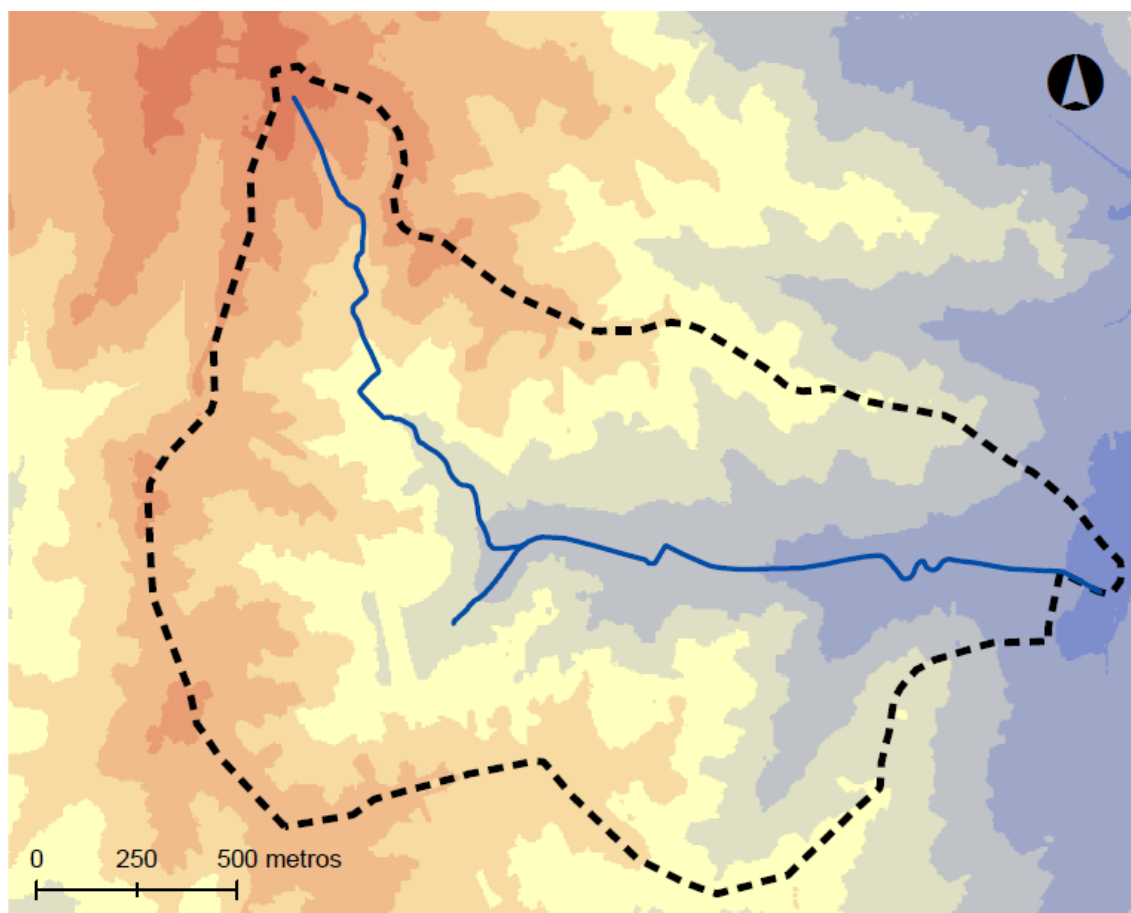


Legenda



-  Linha de água
-  Sub-bacia hidrográfica

Anexo C










Anexo C - Carta de Altitudes da sub-bacia da Regateira



Legenda

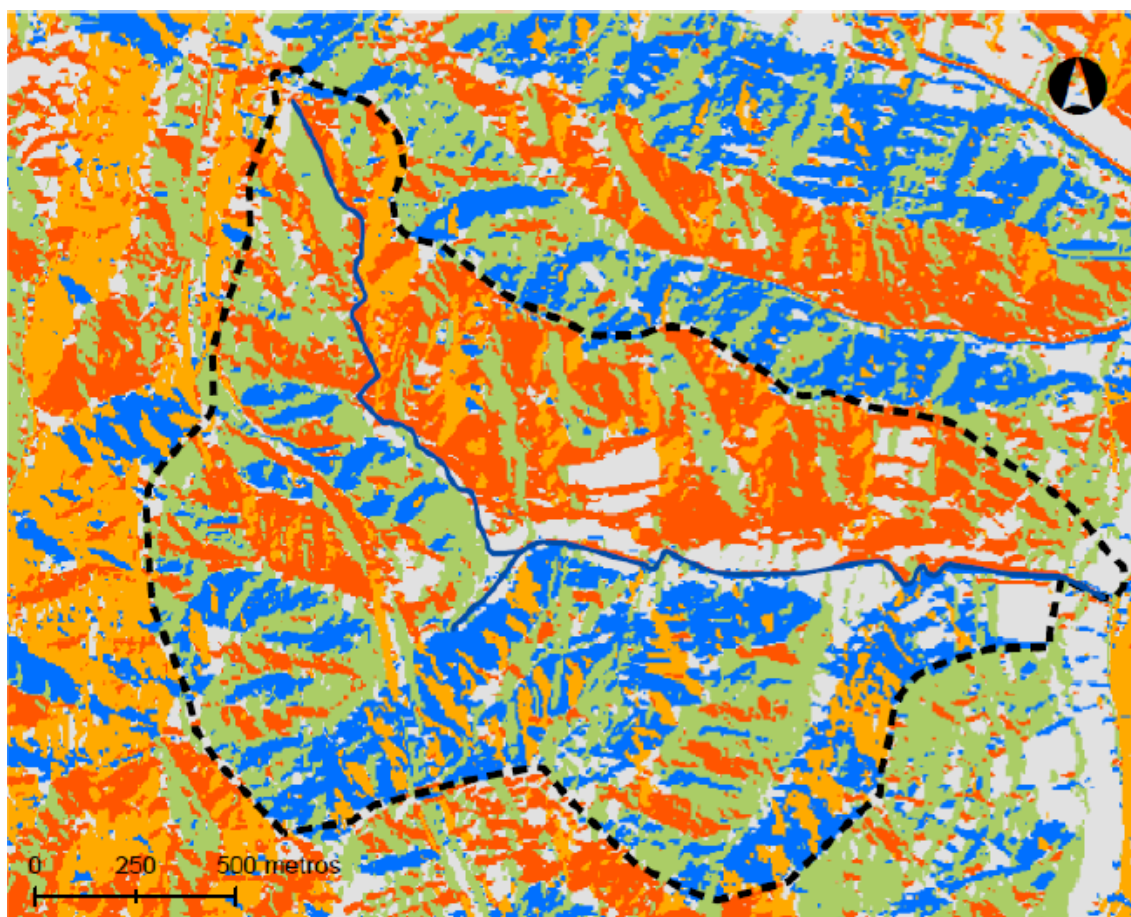
-  Linha de água
-  Sub-bacia hidrográfica

Hipsometria (metros)







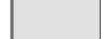
	30
	40
	50
	60
	70
	80
	90
	100
	110

Anexo D

Anexo D - Carta de Exposição de Vertentes da sub-bacia da Regateira

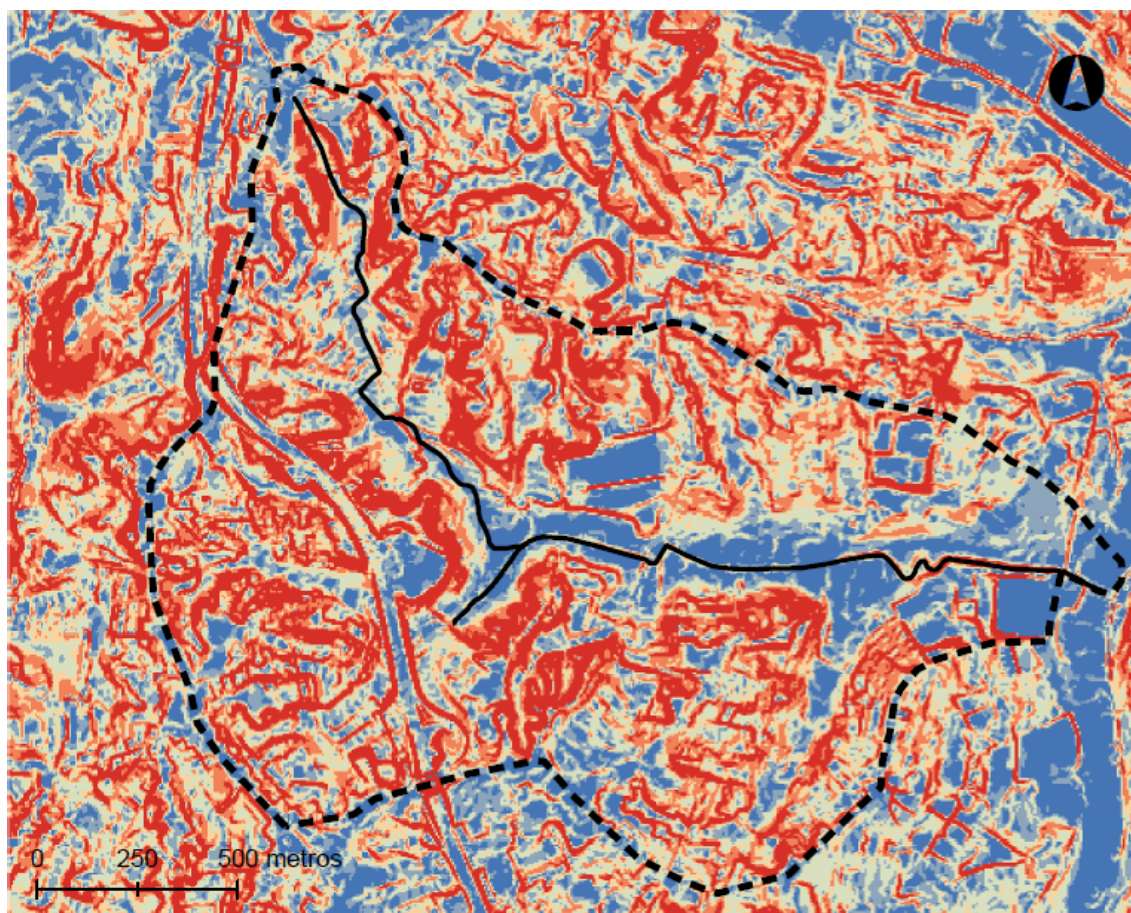


Legenda

-  Linha de água
-  Sub-bacia hidrográfica
- Exposições (por quadrante)**
 -  Este
 -  Norte
 -  Oeste
 -  Sul
 -  Áreas planas

Anexo E

Anexo E - Carta de Declives da sub-bacia da Regateira



Legenda

Linha de água

Sub-bacia hidrográfica

Declives (%)

0 - 3%

3 - 5%

5 - 8%

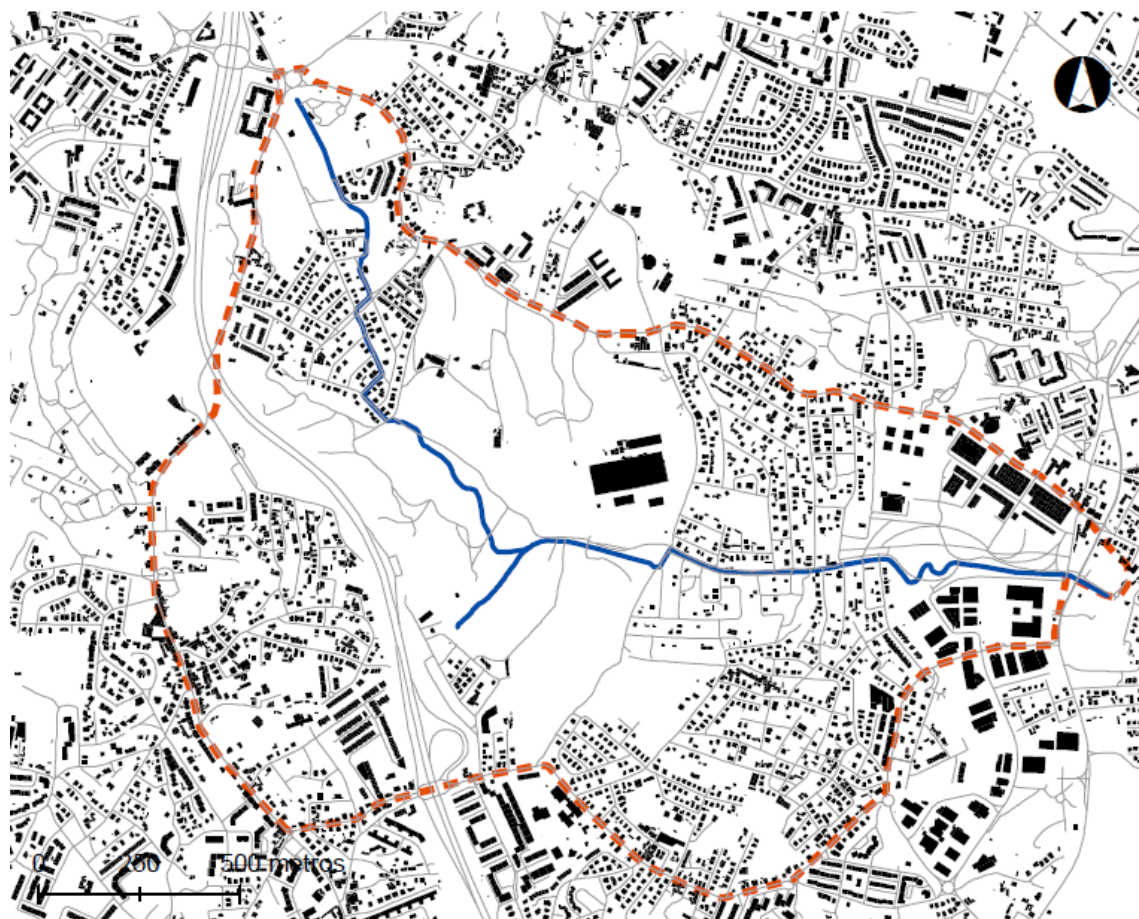
8 - 10%

10 - 15%





> 15%

Anexo F

Anexo F - Carta com o Edificado e Vias existentes na sub-bacia da Regateira



Legenda

-  Rede viária
-  Linha de água
-  Edifícios (sem anexos)
-  Sub-bacia hidrográfica

Anexo G

Anexo G - Valores de coeficiente de rugosidade de Manning, para canais e para condutas fechadas com escoamento parcial

Manning's n for Channels (Chow, 1959)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
Natural streams - minor streams (top width at floodstage < 100 ft)			
1. Main Channels			
a. clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. same as "d" with more stones	0.045	0.050	0.060
g. sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.100	0.150
2. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, trees and brush along banks submerged at high stages			
a. bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
3. Floodplains			
a. Pasture, no brush			
1. short grass	0.025	0.030	0.035
2. high grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. no crop	0.020	0.030	0.040
2. mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
2. cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
3. same as above, but with heavy growth of sprouts	0.050	0.060	0.080
4. heavy stand of timber, a few down trees, little undergrowth, flood stage below branches	0.080	0.100	0.120
5. same as 4. with flood stage reaching branches	0.100	0.120	0.160
4. Excavated or Dredged Channels			
a. Earth, straight, and uniform			
1. clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
2. clean, after weathering	0.018	0.022	0.025

3. gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
4. with short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
b. Earth winding and sluggish			
1. no vegetation	0.023	0.025	0.030
2. grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
3. dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
4. earth bottom and rubble sides	0.028	0.030	0.035
5. stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
6. cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
c. Dragline-excavated or dredged			
1. no vegetation	0.025	0.028	0.033
2. light brush on banks	0.035	0.050	0.060
d. Rock cuts			
1. smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
2. jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
e. Channels not maintained, weeds and brush uncut			
1. dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
2. clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
3. same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
4. dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140
5. Lined or Constructed Channels			
a. Cement			
1. neat surface	0.010	0.011	0.013
2. mortar	0.011	0.013	0.015
b. Wood			
1. planed, untreated	0.010	0.012	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.012	0.015
3. unplanned	0.011	0.013	0.015
4. plank with battens	0.012	0.015	0.018
5. lined with roofing paper	0.010	0.014	0.017
c. Concrete			
1. trowel finish	0.011	0.013	0.015
2. float finish	0.013	0.015	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.017	0.020
4. unfinished	0.014	0.017	0.020
5. gunite, good section	0.016	0.019	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
7. on good excavated rock	0.017	0.020	-
8. on irregular excavated rock	0.022	0.027	-
d. Concrete bottom float finish with sides of:			
1. dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
2. random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
4. cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
5. dry rubble or riprap	0.020	0.030	0.035
e. Gravel bottom with sides of:			
1. formed concrete	0.017	0.020	0.025
2. random stone mortar	0.020	0.023	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036

f. Brick			
1. glazed	0.011	0.013	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.015	0.018
g. Masonry			
1. cemented rubble	0.017	0.025	0.030
2. dry rubble	0.023	0.032	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.015	0.017
i. Asphalt			
1. smooth	0.013	0.013	-
2. rough	0.016	0.016	-
j. Vegetal lining	0.030	-	0.500

Manning's n for Closed Conduits Flowing Partly Full (Chow, 1959)			
Type of Conduit and Description	Minimum	Normal	Maximum
1. Brass, smooth:	0.009	0.010	0.013
2. Steel:			
Lockbar and welded	0.010	0.012	0.014
Riveted and spiral	0.013	0.016	0.017
3. Cast Iron:			
Coated	0.010	0.013	0.014
Uncoated	0.011	0.014	0.016
4. Wrought Iron:			
Black	0.012	0.014	0.015
Galvanized	0.013	0.016	0.017
5. Corrugated Metal:			
Subdrain	0.017	0.019	0.021
Stormdrain	0.021	0.024	0.030
6. Cement:			
Neat Surface	0.010	0.011	0.013
Mortar	0.011	0.013	0.015
7. Concrete:			
Culvert, straight and free of debris	0.010	0.011	0.013
Culvert with bends, connections, and some debris	0.011	0.013	0.014
Finished	0.011	0.012	0.014
Sewer with manholes, inlet, etc., straight	0.013	0.015	0.017
Unfinished, steel form	0.012	0.013	0.014
Unfinished, smooth wood form	0.012	0.014	0.016
Unfinished, rough wood form	0.015	0.017	0.020
8. Wood:			
Stave	0.010	0.012	0.014
Laminated, treated	0.015	0.017	0.020
9. Clay:			
Common drainage tile	0.011	0.013	0.017
Vitrified sewer	0.011	0.014	0.017
Vitrified sewer with manholes, inlet, etc.	0.013	0.015	0.017
Vitrified Subdrain with open joint	0.014	0.016	0.018
10. Brickwork:			
Glazed	0.011	0.013	0.015
Lined with cement mortar	0.012	0.015	0.017
Sanitary sewers coated with sewage slime with bends and connections	0.012	0.013	0.016
Paved invert, sewer, smooth bottom	0.016	0.019	0.020
Rubble masonry, cemented	0.018	0.025	0.030

